ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เตาไมโครเวฟปรับอุณหภูมิ

MICROWAVE OVEN WITH ADJUSTABLE TEMPERATURE

นายพิทักษ์ แสนสุวรรณ รหัส 42362541
นางสาวสุภารัตน์ คำจีน รหัส 42362640
นางสาวอังคณา สิทธิเกษร รหัส 42362707

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 1/เม.ย. 2553
เลขทะเบียน 4942218
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร พ 673 ท
2545

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2545

ใบรับรองโครงงานวิจัย

หัวข้อโครงงาน	เตาไมโครเวฟปรับอุณหภูมิ			
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพิทักษ์	แสนสุวรรณ	รหัส	42362541
	นางสาวสุภารัตน์	คำจีน	รหัส	42362640
	นางสาวอังคณา	สิทธิเกษร	รหัส	42362707
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุชาติ แย้มเม่น			
สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า			
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์			
ปีการศึกษา	2545			

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย

....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สุชาติ แย้มเม่น)

....กรรมการ
(อาจารย์สมชาย โชคมาวิโรจน์)

....กรรมการ
(อาจารย์สิทธิโชค เชาวกุล)

....กรรมการ
(อาจารย์แสงชัย มังกรทอง)

หัวข้อโครงงาน	**เตาไมโครเวฟปรับอุณหภูมิ**
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายพิทักษ์ แสนสุวรรณ รหัส 42362541**
	นางสาวสุภารัตน์ คำจีน รหัส 42362640
	นางสาวอังคณา สิทธิเกษร รหัส 42362707
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อาจารย์สุชาติ แย้มเม่น**
สาขา	**วิศวกรรมไฟฟ้า**
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้แสดงถึงเตาไมโครเวฟที่สามารถปรับอุณหภูมิได้โดยใช้การปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์มาทริกที่ขาเกตของไตรแอก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่แม็กนีตรอน (ตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ) เตาไมโครเวฟที่สามารถปรับอุณหภูมิได้อันนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการเก็บรักษาและยืดอายุของข้าวหมากให้ยาวนาน โดยที่ยังสามารถคงรสชาติและกลิ่นเฉพาะของข้าวหมากได้

Project Title	Microwave Oven With Adjustable Temperature			
Name	Mr.Pitak	Sansuwan	ID.	42362541
	Miss Suparat	Khamcheen	ID.	42362640
	Miss Angkana	Sittikasorn	ID.	42362707
Project Adviser	Dr. Suchart	Yammen		
Major	Electrical Engineering			
Department	Electrical and Computer Engineering			
Academic Year	2002			

....

ABSTRACT

This project presents to "Microwave Oven With Adjustable Temperature", which can control temperature by adjusting the bandwidth of pulse signal to a trig the gate pin of the triac.The triac operates as a switch to control the power transfering to magnetron (Microwave Generator).The microwave oven with adjustable temperature can be used to preserved the sweet fermented glutinous rice in terms of smell and taste.

กิตติกรรมประกาศ

ในโครงงานนี้ คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณ อาจารย์สุชาติ แย้มเม่น ที่กรุณาให้คำปรึกษา รวมทั้งให้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำโครงงาน ขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้ให้วิชาความรู้ต่าง ๆ ด้วยดีมาโดยตลอด และขอบคุณครูช่างไฟฟ้าทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกทั้งด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำโครงงาน และคำแนะนำต่าง ๆ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน	1
1.4 กิจกรรมการดำเนินการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณ	2
บทที่ 2 หลักการเบื้องต้น	
2.1 เตาไมโครเวฟคืออะไร	3
2.2 คลื่นไมโครเวฟคืออะไร	3
2.3 ลักษณะของคลื่นไมโครเวฟ	4
2.4 แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ	5
2.5 แม็กนีตรอน คืออะไรผลิตคลื่นไมโครเวฟได้อย่างไร	6
2.6 โครงสร้างของแม็กนีตรอน	7
2.7 หลักการทำงานพื้นฐานของแม็กนีตรอน	8
2.8 วงจรสร้างไฟแรงสูง	11
2.9 เหตุใดเตาไมโครเวฟที่ใช้ภายในบ้านจึงผลิตความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)	13
2.10 การควบคุมกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟ	15
2.11 การวัดกำลังงานออกของแม็กนีตรอน	18

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
	2.12 วงจรพื้นฐานของเตาไมโครเวฟ	19
	2.13 หลักการทำงานและลักษณะสมบัติของไตรแอก	22
	2.14 วิธีการผลิตข้าวหมาก	23
บทที่ 3 การออกแบบ		24
	3. 1 การวางแผนการออกแบบ	24
	3. 2 การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	25
	3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์	27
บทที่ 4 ผลการทดลอง		28
	4.1 ขั้นตอนการทดลอง	28
	4.2 ผลการทดลอง	29
บทที่ 5 สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ		37
	5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	37
	5.2 ปัญหาที่พบ	37
	5.3 แนวทางการแก้ปัญหา	38
	5.4 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง		
ประวัติผู้เขียน		

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ	3
2.2 รูปโครงสร้างแม็กนิตรอน	7
2.3 รูปแสดงขั้วแอโนด	7
2.4 รูปเควิตี้	8
2.5 รูปแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอน	9
2.6 รูปหลอดไดโอดของแม็กนิตรอน	9
2.7 รูปทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแม็กนิตรอน	10
2.8 รูปการเหนี่ยวนำของอิเล็คตรอน	10
2.9 รูปการเหนี่ยวนำกระแสสลับในระหว่างแอโนดเควิตี้	11
2.10 รูปลักษณะการเคลื่อนตัวของอิเล็คตรอนเป็นกลุ่ม	11
2.11 รูปวงจรสร้างไฟแรงสูง	12
2.12 รูปวงจรการทำงานช่วงบวกของไฟ AC	12
2.13 รูปวงจรการทำงานช่วงลบของไฟ AC	13
2.14 รูปความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของการทะลุผ่านและความถี่	14
2.15 รูปแสดงกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟ	14
2.16 รูปการควบคุมกำลังงานโดยการปรับเปลี่ยนความต่างศักย์ที่ส่งไปให้แม็กนิตรอน	15
2.17 รูปการตัดต่อเวลาการกำเนิดคลื่นของแม็กนิตรอนทางด้านวงจร Primary ของหม้อแปลงไฟสูงโดยใช้ Relay	16
2.18 รูปการตัดต่อเวลาการกำเนิดคลื่นของแม็กนิตรอนทางด้านวงจร Primary ของหม้อแปลงไฟสูงโดยใช้ ไตรแอค	16
2.19 รูปการตัดต่อเวลาการกำเนิดคลื่นของแม็กนิตรอนทางด้านวงจร Secondnary ของหม้อแปลงไฟสูง	17
2.20 รูปวงจรพื้นฐานของเตาไมโครเวฟ	20
2.21 รูปโครงสร้างภายในของไตรแอก	22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 รูปสัญลักษณ์ของไตรแอก	22
3.1 รูปแสดงการควบคุมอุณหภูมิ	24
3.2 รูปการควบคุมอุณหภูมิโดยการจ่ายไฟให้แม็กนีตรอน เป็นลักษณะของพัลส์	24
3.3 รูปวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	25
3.4 รูปวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์	27
4.1 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 40 องศาเซลเซียส	30
4.2 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 50 องศาเซลเซียส	32
4.3 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 60 องศาเซลเซียส	34
4.4 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 70 องศาเซลเซียส	36
5.1 สัญญาณที่ผ่านเข้ามาทาง Sensor	37

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในการเก็บรักษาและยืดอายุของข้าวหมาก โดยสามารถรักษากลิ่นเฉพาะและรสชาติของข้าวหมากให้คงอยู่ ดังนั้นจึงมีแนวคิดว่าจะนำคลื่นไมโครเวฟมาใช้แทนขดลวดความร้อน เพื่อยับยั้งการทำปฏิกิริยาทางเคมีของเชื้อจุลินทรีย์และยังรักษากลิ่นเฉพาะและรสชาติของข้าวหมากไว้ได้ เพราะคลื่นไมโครเวฟทำให้โมเลกุลของน้ำในข้าวหมากสั่นและเกิดความร้อน ทำให้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในข้าวหมาก

ดังนั้นผู้ร่วมงานจึงมีแนวความคิดที่ต้องการสร้างเตาไมโครเวฟที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ เพื่อนำมาใช้ในการยืดอายุของข้าวหมากให้นานขึ้น โดยที่ยังสามารถคงรสชาติและกลิ่นเฉพาะของข้าว-หมากได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.สร้างเตาไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิ

2.นำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร(FOOD SCIENCE)ได้

1.3 ขอบข่ายงาน

โครงงานนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแทนขดลวดความร้อน ซึ่งมีหัวข้อหลักที่จะทำการศึกษาดังนี้

1. หลักการทำงานของเตาไมโครเวฟ
2. การทำงานของวงจรควบคุมอุณหภูมิ
3. การนำวงจรควบคุมอุณหภูมิมาใช้กับเตาไมโครเวฟ
4. ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำอุปกรณ์ชิ้นนี้มาใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร

1.4 กิจกรรมการดำเนินการ

กิจกรรม	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค	ก.ย	ต.ค
1.เขียนโครงร่างการทำงาน	↔											
2.รวบรวมข้อมูล, เอกสาร		↔	↔	↔	↔	↔	↔					
3.สร้างตนแบบในการทดลอง			↔	↔	↔	↔	↔					
4.ทำการทดลอง, วิเคราะห์,สรุป									↔			
5.ปรับปรุงแก้ไขโครงงาน										↔		
6.ทำโครงงานฉบับร่าง											↔	
7.ส่งโครงงานฉบับสมบูรณ์												↔

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างเตาไมโครเวฟที่ควบคุมอุณหภูมิ
2. นำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร(FOOD SCIENCE)ได้จริง
3. เป็นเอกสารอ้างอิงที่ใช้ประโยชน์ในการทำงาน และการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1.6 งบประมาณ

1. ค่าวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือ		2500 บาท
2. ค่าจ้างถ่ายเอกสารและเข้าเล่ม		500 บาท
	รวม	3000 บาท

หมายเหตุ ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

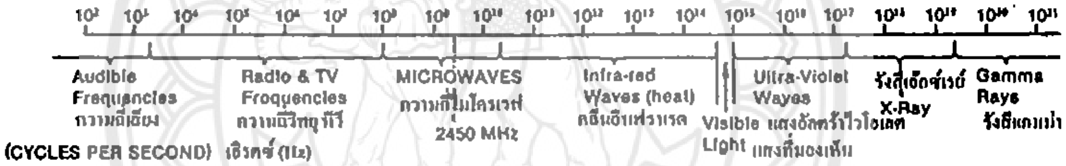
บทที่ 2
หลักการเบื้องต้น

2.1 เตาไมโครเวฟคืออะไร

เตาไมโครเวฟ(MICROWAVE OVEN) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้อาหารร้อนขึ้นด้วยวิธีแพร่กระจายคลื่น เรียกว่า “คลื่นไมโครเวฟ” ความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ(MHz) [4]

2.2 คลื่นไมโครเวฟคืออะไร

ไมโครเวฟ(MICROWAVE) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNETIC WAVE) ชนิดหนึ่งซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ ดวงอาทิตย์เป็นผู้ส่งคลื่นนี้ออกมา คลื่นไมโครเวฟมีย่านความถี่ตั้งแต่ 100 MHz-10 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ

จากรูปที่ 2.1จะเห็นว่าคลื่นไมโครเวฟ มีความถี่อยู่ระหว่างความถี่ของคลื่นวิทยุและทีวี กับคลื่นอินฟาเรด ความถี่ถัดขึ้นไปคือแสงที่เรามองเห็น สูงขึ้นไปถึงรังสีเอ็กซ์ ท้ายที่สุดคือรังสีแกมม่า

เราสามารถแบ่งการแผ่รังสีของคลื่นตามความถี่ได้ 2 แบบ คือ

2.2.1 การแผ่รังสีแบบไม่ทำให้อะตอมภายในสสารแตกตัว (NONIONIZING RAYS) อันได้แก่ คลื่นวิทยุ ทีวีไมโครเวฟ เรดาร์ (RADAR) อินฟราเรด และแสงที่ตามองเห็น ซึ่งคลื่นเหล่านี้เป็นอันตรายกับสิ่งมีชีวิตน้อย

2.2.2 การแผ่รังสีแบบทำให้อะตอมของสสารแตกตัว (IONIZINGRAYS) ได้แก่ แสง อัลตร้าไวโอเลต (ULTRAVIOLET) รังสีเอ็กซ์ (X-RAYS)รังสีแกมมา (GAMMA RAYS) ซึ่งคลื่นเหล่านี้ทำอันตรายกับสิ่งมีชีวิตได้ ถ้าได้รับรังสีในปริมาณมากๆ เช่น การฉายรังสีแกมม่าเพื่อกำจัดเซลล์มะเร็งจะทำให้เซลล์ของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนหรือตายไป

เนื่องจากว่าไมโครเวฟจัดเป็นคลื่นที่ปลอดภัย ไม่มีสารกัมมันตภาพรังสีตกค้างอยู่บนอาหาร หรือคนที่ซึ่งเกิดอุบัติเหตุได้รับคลื่นไมโครเวฟ แต่อย่างไรก็ดี แม้ว่าคลื่นไมโครเวฟจะไม่มีสารกัมมันตภาพรังสีตกค้างอยู่ คลื่นไมโครเวฟก็ยังมีอันตราย เมื่อโดนคลื่นไมโครเวฟมาลๆ และนานๆ อวัยวะต่างๆ อาจจะสุกและใช้การไม่ได้ ถ้าโดนดวงตา ตาจะบอดได้ หากได้รับคลื่นไมโครเวฟที่มากกว่า 5 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

ในกรณีที่ได้รับคลื่นไมโครเวฟน้อยกว่า 5 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm^2) คลื่นไมโครเวฟ ก่อให้เกิดความผิดปกติต่าง ๆ ตามร่างกาย เช่น มะเร็งผิวหนัง ต้อกระจก ผู้หญิงมีครรภ์อาจแท้งได้ ในผู้ชายเป็นหมันชั่วคราว ปวดศีรษะ หน้ามืด ตาลาย ระบบประสาทส่วนกลางถูกทำลาย ระบบหมุนเวียนของเลือดผิดปกติ ฯลฯ ดังนั้นก่อนการใช้หรือซ่อมต้องคำนึงถึง " กฎแห่งความปลอดภัย " [4]

2.3 ลักษณะของคลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟ มีลักษณะประจำตัวอยู่ 3 อย่าง คือ

2.3.1 การสะท้อนคลื่น (REFLECTION)

คลื่นไมโครเวฟ เมื่อส่งไปโดนโลหะ จะสะท้อนออก คลื่นไม่สามารถทะลุผ่านโลหะไปได้ ดังนั้น ถ้าใช้โลหะห่อหุ้มอาหารในเตาไมโครเวฟ อาหารจะไม่ร้อน จึงควรหลีกเลี่ยง

2.3.2 การทะลุผ่านของคลื่น (PENETRATION)

คลื่นไมโครเวฟสามารถจะทะลุผ่านวัสดุบางชนิด คล้ายช่องกระจกหน้าต่างที่ยอมให้แสงธรรมดาส่องผ่านตัวมันได้ วัสดุที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายของการทะลุผ่านของคลื่นคือ แก้ว ทั่วๆ ไป (ยกเว้น แก้วเจียรนัยที่มีส่วนผสมของตะกั่วซึ่งเป็นโลหะ) แก้วทนความร้อน, เครื่องกระเบื้องเคลือบ เครื่องถ้วยชามเคลือบ กระดาษ และพลาสติก เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนำวัสดุเหล่านี้ มาทำเป็นวัสดุบรรจุอาหาร ตัววัสดุเองจะไม่ร้อน จะร้อนเฉพาะอาหารเท่านั้น

2.3.3 การดูดกลืนของคลื่น (ABSORPTION)

คลื่นไมโครเวฟ สามารถถูกดูดกลืนได้โดยอาหาร น้ำ หรือวัสดุที่มีส่วนประกอบของน้ำอยู่ ทำให้กำลังงานของคลื่นลดลงไป ซึ่งกำลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้จะเปลี่ยนสภาพทำให้วัตถุร้อนขึ้น

วัตถุที่ดูดกลืนคลื่น นอกจากจะเป็นอาหารและน้ำ ยังประกอบด้วยพวกเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้เคลือบทั้งหมด เนื่องมาจากเหตุที่ว่าเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้เคลือบ จะมีรูพรุนมากมาย ทำให้มีความชื้นหรือกล่าวอีกในหนึ่งคือ มีละอองน้ำแทรกเข้าไปอยู่ในรูพรุนเหล่านั้น เมื่อนำมาใช้ในเตาไมโครเวฟ ตัวละอองน้ำจะร้อนส่งผลให้วัสดุร้อนไปด้วย

มีวัสดุที่เป็นพลาสติกบางประเภท มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เป็นจำนวนสูง เมื่อนำมาใช้ในเตาไมโครเวฟ จะถูกทำให้ร้อนขึ้น ทำให้ตัวพลาสติกหลอมละลายไปในที่สุด[4]

2.4 แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ (MICROWAVE SOURCES)

ในธรรมชาติแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานขนาดใหญ่ แต่มนุษย์เราเองยังไม่สามารถควบคุมกำลังงานไมโครเวฟที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์ อันจะนำไปสู่การนำเอาพลังงานไมโครเวฟทางธรรมชาตินี้ไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นหากจะนำพลังงานไมโครเวฟไปใช้ประโยชน์ มนุษย์จึงต้องสร้างคลื่นไมโครเวฟมาใช้เอง ตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟถูกสร้างมาจากอุปกรณ์ 2 แบบคือ

1. แบบหลอดสูญญากาศ (MICROWAVE TUBES)
2. แบบโซลิดสเตท (SOLID STATE MICROWAVE SOURCES)

2.4.1 แบบหลอดสูญญากาศ (MICROWAVE TUBES)

แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟแบบหลอดสูญญากาศนี้ ให้กำลังงานคลื่นไมโครเวฟออกมาสูงมากกว่าแบบโซลิดสเตท แม้ว่าจะใช้งานในวงจรความถี่สูงๆมากๆเป็น 10 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) กำลังงานที่ได้จะตกลงไปไม่มาก เช่น นำหลอดไมโครเวฟไปใช้ขยายคลื่นไมโครเวฟภาคสุดท้ายของเครื่องส่งวิทยุในย่านไมโครเวฟ ใช้ในเรดาร์ (RADAR) ใช้ในเตาไมโครเวฟ (MICROWAVE OVEN) เป็นต้น แบ่งหลอดกำเนิดคลื่นไมโครเวฟออกเป็น 3 แบบคือ

2.4.1.1 หลอดไคลสตรอน (KLYSTRON)

เป็นหลอดแบบแรกที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้งานในย่านความถี่ไมโครเวฟ มีการใช้งานอยู่ 2 แบบคือ ใช้เป็นตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟและเป็นตัวขยายคลื่น ใช้ในย่านความถี่ 300 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึงความถี่ 30 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) จะใช้หลอดชนิดนี้ในภาคขยายสุดท้ายก่อนส่งออกอากาศ (OUT STAGE) ของสถานีภาคพื้นดินของดาวเทียม

บทบาทในการเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟของหลอดชนิดนี้ ในปัจจุบันไม่ค่อยมีใช้แล้ว เนื่องจากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสามารถทำได้ดีกว่า

2.4.1.2 หลอดแทรเวลลิ่งเวฟ (TRAVELLING WAVE TUBES)

หนังสือบางเล่มเรียกว่าหลอดคลื่นจร เป็นหลอดที่พัฒนาขึ้นมาจากหลอดไคลสตรอน มีแบนด์วิธ (BANDWIDTH) ของคลื่นแคบมากประมาณ 1-8% เท่านั้น เมื่อพัฒนามาเป็นหลอดแทรเวลลิ่งเวฟมีแบนด์วิธกว้างขึ้นคือ ตั้งแต่ 10-15% เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขยายสัญญาณไมโครเวฟตั้งแต่ ความถี่ 500 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) –16 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) ในเครื่องรับไมโครเวฟในย่าน เอ็กซ์แบนด์ (X-BAND) ใช้ในการขยายสัญญาณในสถานีทวนสัญญาณของระบบโทรคมนาคมประเภทเอ็กซ์แบนด์ (X-BAND) ใช้ขยายกำลังภาคสุดท้ายในระบบสื่อสารดาวเทียมและเรดาร์

2.4.1.3 หลอดแม็กนีตรอน (MAGNETRON TUBES)

เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟอีกชนิดหนึ่ง ที่ให้กำลังงานออกมาสูงสุด ปัจจุบันหลอดแม็กนีตรอนสามารถให้กำลังงานเอาท์พุทได้สูงสุดถึง 40 เมกะวัตต์ (MW) ที่ระดับความต่างศักย์ 50 กิโลโวลต์ (KV) ณ ความถี่ 10 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) เนื่องจากแม็กนีตรอนมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเมื่อเทียบ

กับประสิทธิภาพที่สูง จึงถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ต้องการกำลังงานสูง เช่น ใช้ในเตาไมโครเวฟ และใช้เป็นตัวส่งคลื่นเรดาร์ (RADAR) ออกไป

เราจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของหลอดแม็กนีตรอนอีกในภายหลัง เนื่องจากเป็นหัวใจของเตาไมโครเวฟที่เรากำลังให้ความสนใจศึกษาอยู่

2.4.2 แบบโซลิดสเตท (SOLID STATE MICROWAVE SOURCES)

เนื่องจากสารกึ่งตัวนำมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เมื่อมีการพัฒนาสามารถใช้งานได้ดีที่ความถี่ไมโครเวฟแล้ว สารกึ่งตัวนำเหล่านี้จึงถูกนำไปแทนที่หลอดไมโครเวฟ ในส่วนที่ใช้กับกำลังงานต่ำจนถึงกำลังงานปานกลาง เช่น ใช้กันน์ไดโอด (GUNN DIODE) เป็นตัวกำเนิดความถี่ไมโครเวฟแทนหลอดไคลสตรอน แต่ให้กำลังงานออกมาต่ำประมาณ 10 มิลลิวัตต์ (mW) ถึง 1 วัตต์ (W) ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง กันน์ไดโอดถูกนำไปประยุกต์ใช้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ไมโครเวฟ ในการรับส่งคลื่นไมโครเวฟกำลังงานต่ำ ในอุปกรณ์เรดาร์กำลังงานต่ำ เช่น เรดาร์ของตำรวจ

เนื่องจากกันน์ไดโอดมีประสิทธิภาพต่ำ ใช้ในงานที่ต้องการกำลังเอาท์พุทสูงไม่ได้ จึงมีการพัฒนาขึ้นมาเป็น อิมแพทไดโอด (IMPATT DIODE) ทำให้ได้เอาท์พุทสูงถึง 4-5 วัตต์ (W) ในย่านความถี่เอ็กซ์แบนด์ (X-BAND)

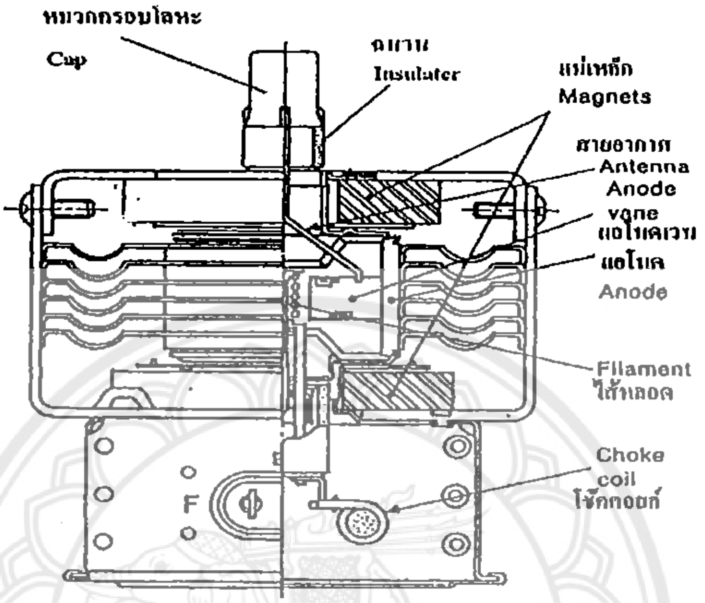
หลังจากการพัฒนาไดโอดก็มาสู่การพัฒนาทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานในย่าน ไมโครเวฟทำให้มีการขยายกำลังงานทางด้านเอาท์พุทออกไปได้สูงขึ้นอีก นำไปใช้ในวงจรอื่นๆในย่านความถี่ไมโครเวฟได้มากขึ้น เช่น นำไปใช้ในวงจรมอดูเลเตอร์ (MODULATOR) วงจรดีมอดูเลเตอร์ (DEMODULATOR) วงจรมิกเซอร์ (MIXER) วงจรดีเทคเตอร์ (DETECTOR)

เมื่อเราทราบว่าแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ เป็นมาอย่างไรแล้วเราจะมาเน้นศึกษาเฉพาะตัวแม็กนีตรอนที่เกี่ยวข้องกับเตาไมโครเวฟให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่ง[4]

2.5 แม็กนีตรอน (MAGNETRON) คืออะไรผลิตคลื่นไมโครเวฟได้อย่างไร

แม็กนีตรอนเป็นตัวกำเนิดคลื่นไมโครเวฟชนิดหนึ่ง นิยมใช้อยู่ในเตาไมโครเวฟ และเรดาร์ (RADAR) การที่ผู้ผลิตเตาไมโครเวฟทุกยี่ห้อเลือกใช้ แม็กนีตรอนเป็นแหล่งกำเนิดไมโครเวฟ เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ มีขนาดเล็ก แต่ให้ประสิทธิภาพและกำลังงานสูง มีเสถียรภาพในการทำงานที่ความถี่ต้องการดี ในปัจจุบันเตาไมโครเวฟทุกยี่ห้อ ตัวแม็กนีตรอนจะสร้างความถี่ 2,450±50 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) เมื่อโหลด (LOAD)มีการดึงกระแสสูงหรือดึงกระแสต่ำมาก ตัวแม็กนีตรอนยังคงสร้างความถี่ที่ค่อนข้างคงที่ จะเห็นว่าการกำเนิดคลื่นผิดพลาดน้อยมาก เมื่อเทียบกับส่วนความถี่หลักที่สร้างขึ้นผิดพลาดเพียง ± 50 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) เท่านั้น ซึ่งการผิดพลาดของความถี่นี้มีผลน้อยมากต่อการปรุงอาหาร ข้อดีอีกข้อของแม็กนีตรอน คือ สร้างง่าย ราคาถูก อันเนื่องจากมีอุปกรณ์ภายในน้อยมาก [4]

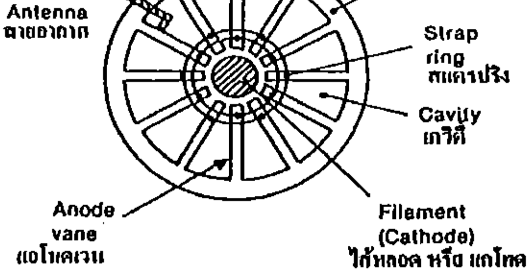
2.6 โครงสร้างของแม็กนีตรอน (STRUCTURE OF MAGNETRON)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างแม็กนีตรอน

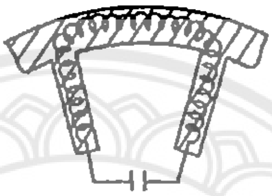
จากรูปที่ 2.2 เป็นการผ่าแสดงให้เห็นภายในแม็กนีตรอนเบอร์ 2M157 ซึ่งแม็กนีตรอนอีกหลายเบอร์ในปัจจุบัน ก็มีโครงสร้างเหมือนกันหรือคล้ายกับเบอร์นี้

ภายในของแม็กนีตรอน มีโครงสร้างคล้ายหลอดไดโอด ประกอบไปด้วยไส้หลอด (FILAMENT OR HEATER) ซึ่งทำหน้าที่เป็นแคโทดด้วย นอกจากนี้ยังมีแอโนด และส่วนแพร่กระจายคลื่นที่เรียกว่า สายอากาศ (ATENNA)



รูปที่ 2.3 รูปแสดงขั้วแอโนด

จากรูปที่ 2.3 แสดงขั้วแอโนด ซึ่งทำเป็นครีบโลหะต่อกับวงแอโนด ด้านนอกพุ่งเข้าไปหาแคโทดภายในตรงกลาง เราเรียกครีบนี้ว่า แอโนดเวน (ANODE VANE) ปกติมักจะมีจำนวนครีบเป็นจำนวนเลขคู่ โดยมีช่องว่างระหว่างครีบเรียกว่า เควิตี้ (CAVITY) ภายในหลอดแม็กนีตรอนนี้เป็นสุญญากาศ ตัวสายอากาศถูกต่ออยู่ที่ครีบส่วนใดส่วนหนึ่งและออกสู่ภายนอกโดยผ่านยอดกลม (DOME) ซึ่งทำเป็นฉนวนกันสายอากาศช็อตตัวถังของแม็กนีตรอน ในที่นี้ก็คือขั้วแอโนด ฉนวนตัวนี้มักทำด้วยเซรามิค ต่อจากปลายของสายอากาศเหนือฉนวนขึ้นไป จะทำเป็นหมวกทรงกระบอกกลม (CAP) มาครอบอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.4 เควิตี้ (CAVITY)

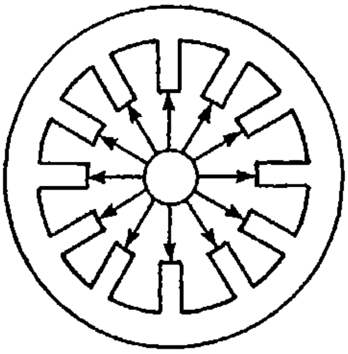
จากรูปที่ 2.4 เมื่อมีกระแสผ่านเควิตี้ (CAVITY) ตัวครีบจะทำคล้ายเป็นขดลวดและช่องเปิดระหว่างครีบ 2 ครีบ จะทำตัวคล้ายคอนเดนเซอร์ เมื่อจับทั้งขดลวด (L) ต่อขนานกับคอนเดนเซอร์ (C) ทำให้เกิดวงจรแท้งค์ ซึ่งสามารถสร้างความถี่ตามที่ต้องการได้[4]

2.7 หลักการทำงานพื้นฐานของแม็กนีตรอน (FUNDAMENTAL FUNCTION OF THE MAGNETRON)

เราได้ศึกษาถึงภายในแม็กนีตรอนมาแล้วว่าประกอบด้วยส่วนใดบ้าง ส่วนนี้เราจะศึกษาว่าแม็กนีตรอนทำงานอย่างไร และสร้างคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2,450 MHz ได้อย่างไร

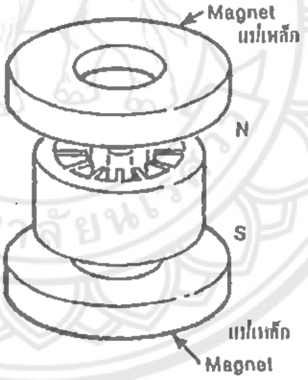
การทำงานของแม็กนีตรอนเริ่มจากไส้หลอด ซึ่งอยู่ตรงกลางของแม็กนีตรอนได้รับแรงดันไฟประมาณ 3.3 โวลต์เอซี (VAC) ทำให้ไส้หลอดหรือแคโทด (CATHODE) ร้อนนั่นเอง ส่งผลให้อิเลคตรอนอิสระหลุดออกมาจากแคโทด

เนื่องจากขั้วแคโทดต่อกับขั้วลบของแรงดัน ประมาณ 4,000 โวลต์ และขั้วบวกของแรงดัน 4,000 โวลต์ ต่อไว้กับแอโนดของแม็กนีตรอน ตัวอิเลคตรอนเองมีประจุเป็นลบ ดังนั้นเมื่อต่อขั้วลบเข้าที่แคโทด จะเกิดการผลักขั้วเหมือนกันออกไป อิเลคตรอนที่ถูกผลักออกมานี้จะถูกดูดเข้าไปหาขั้วบวกที่แอโนด ดังรูปที่ 2.5



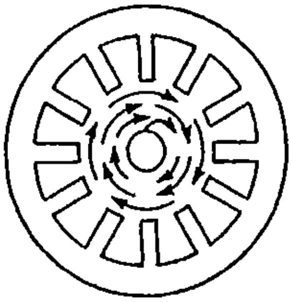
รูปที่ 2.5 รูปแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอน

จากรูปที่ 2.5 หัวลูกศร แสดงอิเลคตรอนซึ่งปกติจะวิ่งออกจากแคโทดตรงไปหาแอโนดเป็นเส้นตรง เมื่อมีแรงดันไฟกระแสตรงประมาณ 4,000 โวลต์ ต่อให้เกิดความต่างศักย์ไว้ แต่ในตัวหลอดไดโอดของแม็กนีตรอนยังมีสนามแม่เหล็กมาเกี่ยวข้อง โดยโรงงานจะใส่แม่เหล็กเป็นรูปวงกลมแบนวางที่ด้านบนและด้านล่าง ร่วมแกนกับหลอดไดโอดดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปหลอดไดโอดของแม็กนิตรอน

โดยมีขั้วแม่เหล็กระหว่างตัวบนและล่างตรงกันข้ามกัน เพราะมีสนามแม่เหล็กมาเกี่ยวข้อง อิเลคตรอนที่หลุดออกจากแคโทดแทนที่จะวิ่งตรงไปหาแอโนด กลับโดนสนามแม่เหล็กเบี่ยงเบนไปในทิศทางขวาตามกฎมือขวาของเฟรมมิ่งที่ว่า " ให้กำมือขวา แล้วยกหัวแม่มือขึ้น ถ้าทิศทางของนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ที่ชี้ไป เป็นทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก เมื่อมีอิเลคตรอนวิ่งผ่าน จะถูกเบี่ยงเบนไปในทิศทางที่นิ้วหัวแม่มือชี้ไป " ดังนั้นอิเลคตรอนในแม็กนีตรอนจึงวิ่งไปทางขวา ดังรูปที่ 2.7 ในที่สุด อิเลคตรอนก็จะไปถึงแอโนด



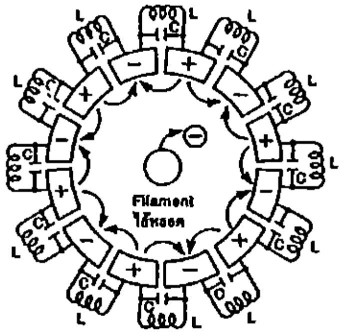
รูปที่ 2.7 รูปทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในแม็กนิตรอน

การหมุนวนเป็นวงกลมของอิเลคตรอนนี้ ก่อให้เกิดกระแสสลับขึ้นในโพรงเควิตี้ (CAVITY) ของแอโนด เมื่ออิเลคตรอนเคลื่อนตัวเข้าใกล้ส่วนใดส่วนหนึ่งระหว่าง 2 เควิตี้ อิเลคตรอนจะเหนี่ยวนำเอาประจุบวกจากแอโนดเวนดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 รูปการเหนี่ยวนำของอิเลคตรอน

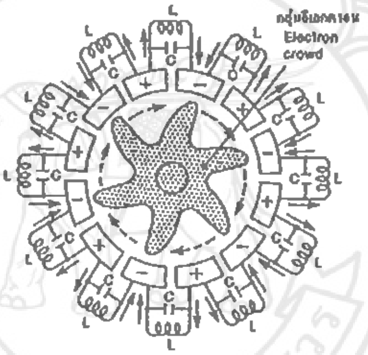
เมื่ออิเลคตรอนเคลื่อนที่ห่างพ้นไป ประจุบวกจากแอโนดเวนจะลดลง ในขณะเดียวกันที่อิเลคตรอนกำลังเหนี่ยวนำประจุบวกในแอโนดเวนอันถัดไป ทำให้เกิดเป็นขั้วบวกและลบสลับกันไป เกิดเป็นกระแสสลับขึ้น

การเหนี่ยวนำของกระแสสลับในระหว่างแอโนดเควิตี้ (ANODE CAVITYS) นี้ สามารถอธิบายได้ดีด้วยการแสดงในรูปของวงจรแท้งค์ หรือเรียกอีกอย่างว่า วงจรเรโซแนนท์ (RESONANT CIRCUIT) ที่ความถี่ 2,450 MHz ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 รูปการเหนี่ยวนำกระแสสลับในระหว่างแอโนดเควิตี้

ในทางการทำงานจริงๆ ของแม็กนีตรอนแล้ว อิเลคตรอนมิได้เคลื่อนที่เพียงตัวเดียว หากแต่ไปเป็นกลุ่มเป็นก้อน เป็นรูปลักษณะการหมุนเป็นวงคล้ายกงจักรดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 รูปลักษณะการเคลื่อนตัวของอิเล็คตรอนเป็นกลุ่ม

ด้วยอิทธิพลจากความต่างศักย์สูงระหว่างขั้วแอโนดและแคโทด และสนามแม่เหล็กกำลังสูง เมื่อกลุ่มก้อนอิเลคตรอนเคลื่อนที่หมุนวนรอบๆ แอโนดเวน และในที่สุดก็ถึงตัวเควิตี้ ส่งผลให้เกิดการกำเนิดความถี่ตามวงจรเรโซแนนท์ ซึ่งความถี่สูงที่ได้นี้มีกำลังงานสูง ถูกนำส่งออกไปจากเควิตี้ ภายในแม็กนีตรอน โดยสายอากาศส่งออกสู่ภายนอก แล้วส่งต่อให้เวฟไกด์ (WAVE GUIDE) หรือท่อนำคลื่นไปสู่ห้องปรุงอาหารหรือภายในตู้ต่อไป[4]

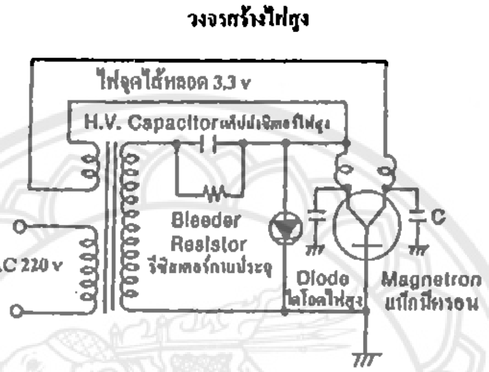
2.8 วงจรสร้างไฟแรงสูง (HIGH VOLTAGE CIRCUIT)

ตัวแมกนีตรอนเปล่าๆ แม้ว่าเราจะจุดไส้หลอดให้ร้อน หากไม่มีความต่างศักย์ของแรงดันระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดแล้ว จะไม่สามารถกำเนิดคลื่นไมโครเวฟออกมาได้เลย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการสร้างไฟสูงสำหรับใช้ในเตาไมโครเวฟทั่วๆไป

การสร้างไฟแรงสูงสำหรับใช้ในเตาไมโครเวฟส่วนมาก จะสร้างโดยใช้การทำงานของไดโอด (DIODE) และการประจุ (CHARGE) ของคอนเดนเซอร์ไฟสูง (HIGH VOLTAGE CONDENSER) ซึ่ง

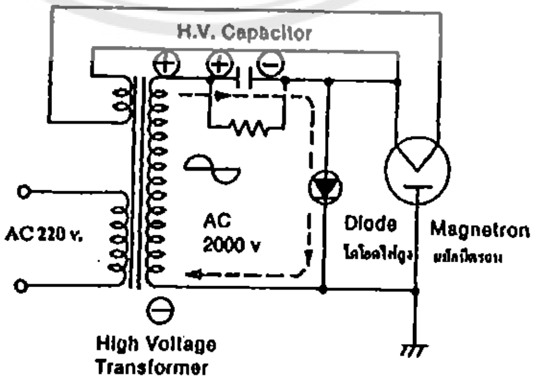
เราเรียกวงจรนี้ว่า “ทวีแรงดัน 2 เท่าแบบครึ่งคลื่น” (HALF CYCLE DOUBLER CIRCUIT) สาเหตุที่ผู้ผลิตเลือกใช้วงจรแบบนี้ เนื่องจากเป็นวงจรที่ประหยัด และทำงานได้ดี แทนที่จะต้องใช้หม้อแปลงไฟสูงตัวใหญ่ๆ ก็ลดขนาดลงได้

รูปที่ 2.11 เป็นวงจรทวีแรงดัน 2 เท่าแบบครึ่งคลื่นอันประกอบด้วย คอนเดนเซอร์ และไดโอดต่อไว้กับหม้อแปลงไฟสูง(HIGH VOLTAGE TRANSFORMER) ทางด้าน SECONDARYหรือขดทุติยภูมิ ซึ่งเป็นขดไฟสูงประมาณ 2,000 โวลท์



รูปที่ 2.11 วงจรสร้างไฟแรงสูง

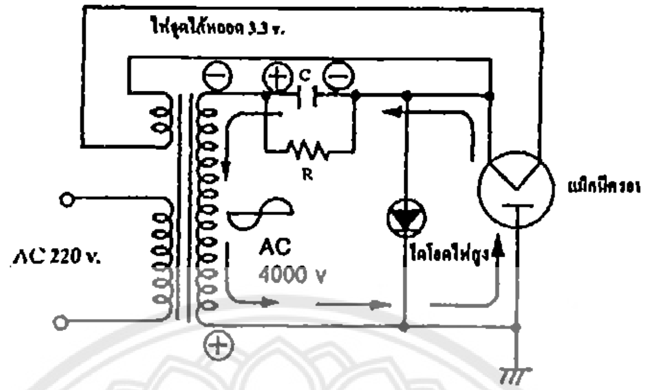
ไฟ 3.3 โวลท์ กระแสสลับ ได้จากขดไฟด้าน SECONDARY อีกขดของหม้อแปลงถูกส่งไปยังจุดไส้หลอด (FILAMENT) ของแม็กนีตรอนโดยผ่านโช้ค และคอนเดนเซอร์ ซึ่งอยู่ภายในตัวแม็กนีตรอนที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันคลื่นไมโครเวฟจากแหล่งกำเนิดการส่งวิทยุและโทรทัศน์เข้ามารบกวนการทำงานของแม็กนีตรอน ทำให้แม็กนีตรอนมีการกำเนิดความถี่ที่แน่นอนคือ 2,450 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)



รูปที่ 2.12 รูปวงจรการทำงานช่วงบวกของไฟ AC

ในรูปที่ 2.12 อธิบายการทำงานของวงจร เมื่อคลื่นช่วงบวกของไฟ AC เข้ามาคอนเดนเซอร์และประจุไฟบวกเข้าไดโอด ครบวงจรที่กราวนด์ (GROUND) (ตามเส้นประ) ขณะนี้คอนเดนเซอร์ประจุไฟ

ไว้ประมาณ 2,000 โวลท์ แม็กนีตรอนยังไม่ทำงาน เนื่องจากมีไดโอดต่อขนานอยู่ในลักษณะไบอัสตรง (FORWARD BIAS) กระแสจะไม่ไปที่แอโนดของแม็กนีตรอน ซึ่งต่อแบบไบอัสกลับ (REVERSE BIAS)



รูปที่ 2.13 รูปวงจรการทำงานช่วงลบของไฟ AC

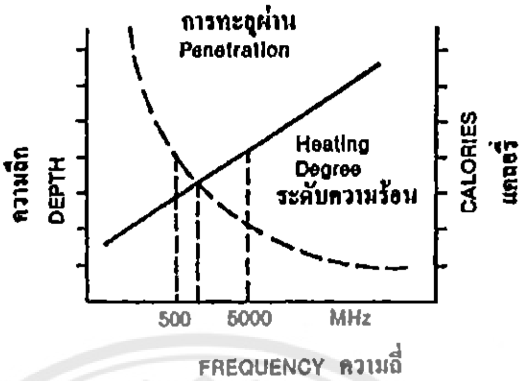
รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานเมื่อครึ่งช่วงลบของไฟ AC เข้ามา แรงดันที่ถูกประจุด้วยคอนเดนเซอร์จะรวมกับแรงดันตกคร่อมของหม้อแปลงไฟสูงประมาณ 4,000 โวลท์ จะส่งไฟให้แอโนดของแม็กนี-ตรอน และผ่านต่อไปแคโทด ผ่านคอนเดนเซอร์ครบรอบที่หม้อแปลงไฟสูงด้านบน (ตามลูกศร) แรงดันขนาด 4,000 โวลท์ นี้เองทำให้แม็กนีตรอนทำงานสร้างคลื่นไมโครเวฟออกมาได้ มีข้อสังเกตว่าแม็กนี-ตรอนจะทำงานสลับกับหยุดตามความถี่ของไฟฟ้าตามบ้าน คือ 50 เฮิรตซ์ (Hz) ต่อวินาที (ทำงาน 25 ครั้งต่อวินาที)[4]

2.9 เหตุใดเตาไมโครเวฟที่ใช้ภายในบ้านจึงผลิตความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)

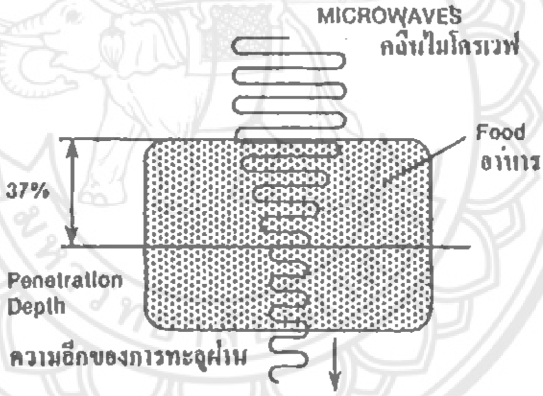
คลื่นไมโครเวฟ มีความถี่ตั้งแต่ 300 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 10,000 เมกะเฮิรตซ์ หรือ 10 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านที่กว้างมาก ในการวิจัยพบว่าคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ตั้งแต่ 500 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 5,000 เมกะเฮิรตซ์ มีประสิทธิภาพเหมาะสมในการนำมากำเนิดความร้อนในเตาไมโครเวฟ ซึ่งมีการกำหนดความถี่ของคลื่นเฉพาะไว้ใช้เฉพาะงาน เช่น เตาไมโครเวฟสำหรับใช้สำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมบางอย่าง งานวิทยาศาสตร์และในทางการแพทย์ จะใช้ความถี่ 433.92 MHz 915 MHz 2,450 MHz และ 5,800 MHz แต่สำหรับเตาไมโครเวฟสำหรับที่ใช้ในบ้าน ใช้ความถี่ 2,450 MHz อันเนื่องจากผลของการวิจัยว่าความถี่นี้เป็นความถี่ที่สามารถทำให้อาหารส่วนใหญ่สุกได้เร็วและสุกเข้าไปถึงภายในระดับความลึกพอดี (PENETRATION DEPTH)

รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของการทะลุผ่าน (PENETRATION DEPTH) ระดับอุณหภูมิของความร้อน (HEAT DEGREE) และความถี่ พบว่าการที่ความถี่ต่ำกว่าจะมีการทะลุผ่าน

ของคลื่นได้ลึกกว่า แต่เวลาในการปรุงอาหารจะนานขึ้น อันเนื่องจากระดับความร้อนที่ได้ต่ำ ที่ความถี่สูงกว่าเวลาในการปรุงอาหารจะเร็วกว่าเนื่องจากได้รับความร้อนมาก แต่การทะลุผ่านจะส่งไปได้ตื้น



รูปที่ 2.14 รูปความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของการทะลุผ่านและความถี่



รูปที่ 2.15 รูปแสดงกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟ

รูปที่ 2.15 แสดงกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่ลดลงหลังจากทะลุผ่านอาหารแล้ว 37% จะเป็นปฏิภาคกลับกับอัตราส่วนของความถี่ กล่าวคือที่จุด 37% นี้ความถี่เพิ่มขึ้น ความลึกของการทะลุผ่านจะลดลง ที่ความถี่ 2,450 MHz จะให้ความลึกของการทะลุผ่านในเนื้อสัตว์ (MEAT) ประมาณ 2-3 cm และ 5-7 cm ในอาหารประเภทอื่น ซึ่งในความลึกของการทะลุผ่านของคลื่นไมโครเวฟในอาหารส่วนใหญ่อยู่ในช่วงนี้ ดังนั้นคลื่นไมโครเวฟความถี่ 2,450 MHz จึงถูกเลือกใช้กับเตาไมโครเวฟสำหรับปรุงอาหาร[4]

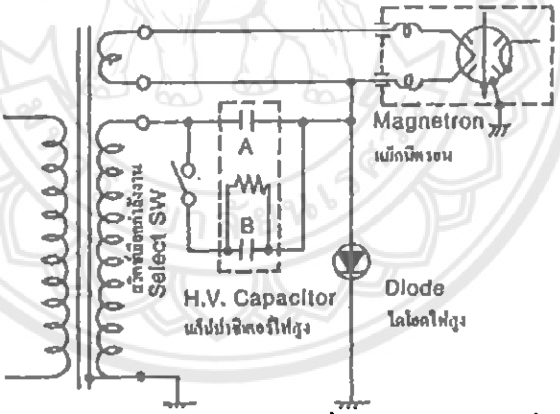
2.10 การควบคุมกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟ (OUTPUT POWER CONTROL OF MICROWAVE OVEN)

สืบเนื่องมาจากปริมาณอาหารที่จะปรุงแต่ละครั้ง และสภาพทางกายภาพของอาหารแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน หากเราไม่สามารถควบคุมกำลังงานของเตาได้ จะทำให้ใช้เตาปรุงอาหารได้ไม่หลากหลายชนิดเท่าที่ต้องการ อาจจะปรุงอาหารได้เฉพาะบางอย่าง และในปริมาณที่ต้องจำกัดด้วย มิฉะนั้นอาหารที่ใส่เข้าไปเพื่อปรุงอาจจะเสียหายก่อน ไม่สามารถที่จะนำกลับมารับประทานได้

ดังนั้นเพื่อเป็นการตอบสนองกับวัตถุประสงค์ ที่ต้องการให้เตาไมโครเวฟสามารถปรุงอาหารได้หลากหลายแบบ จึงต้องมีการควบคุมระดับกำลังงานที่ให้เหมาะสมแก่สภาพของอาหารที่จะนำมาปรุง

2.10.1 วิธีการควบคุมกำลังงาน แบ่งเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 วิธีคือ

2.10.1.1 การควบคุมโดยการปรับเปลี่ยนความต่างศักย์ที่ส่งไปให้แม็กนีตรอน วิธีการแบบนี้เป็นวิธีที่ง่าย ใช้กับเตาไมโครเวฟแบบที่มีการปรับกำลังงานที่ส่งออกมาเป็น 2 สถานะเท่านั้นคือ สูง (HIGH) กับต่ำ (LOW) วิธีการคือ การใช้คอนเดนเซอร์ไฟสูง 2 ตัว ขนานกันอยู่ โดยมีสวิตช์คั่นกลางดังรูปที่ 2.16



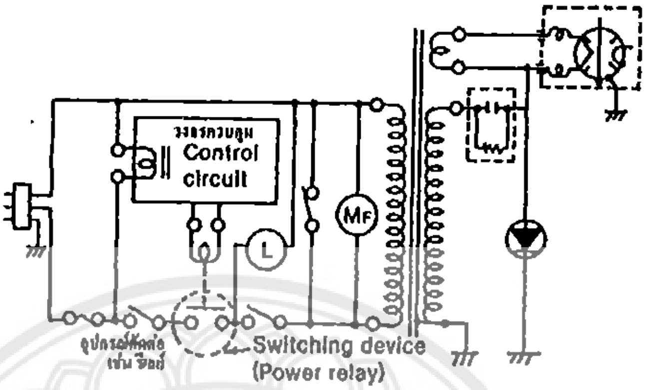
รูปที่ 2.16 รูปการควบคุมกำลังงานโดยการปรับเปลี่ยนความต่างศักย์ที่ส่งไปให้แม็กนิตรอน

เมื่อต้องการกำลังงานสูง สวิตช์จะต่อกันให้ค่าของคอนเดนเซอร์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดของแม็กนีตรอนมากขึ้น กำลังงานที่ออกจากแม็กนีตรอนก็มากขึ้น เมื่อตัดสวิตช์ออกคอนเดนเซอร์จะเหลืออยู่ตัวเดียว ค่าความต่างศักย์จะลดลง ส่งผลให้กำลังงานของแม็กนีตรอนลดลงด้วย

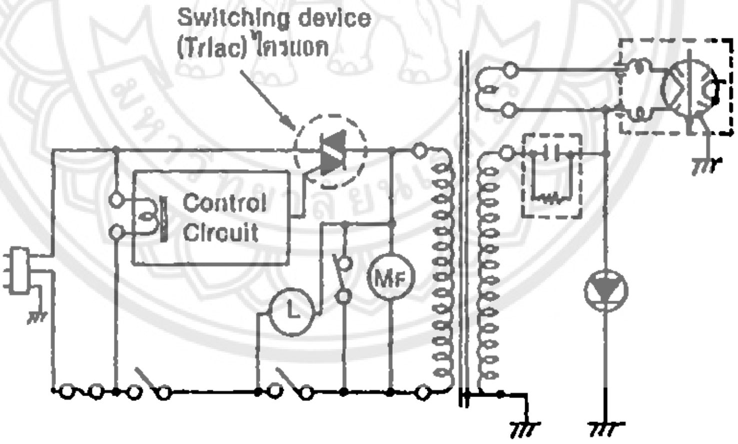
2. 10.1.2 การควบคุมโดยการตัดต่อการกำเนิดความถี่ของแม็กนีตรอนตามคาบเวลา ในวิธีนี้ยังแบ่งย่อยได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การตัดต่อเวลากำเนิดคลื่นของแม็กนีตรอนทางด้านวงจร PRIMARY ของหม้อแปลงไฟสูง

2. การตัดต่อเวลากำเนิดคลื่นของแม็กนีตรอนทางด้านวงจร SECONDARY ของหม้อแปลงไฟสูง



รูปที่ 2.17 รูปการตัดต่อเวลาการกำเนิดคลื่นของแม็กนิตรอนทางด้านวงจรPrimary **ของหม้อแปลงไฟสูง** โดยใช้ Relay



รูปที่ 2.18 รูปการตัดต่อเวลาการกำเนิดคลื่นของแม็กนิตรอนทางด้านวงจรPrimary ของหม้อแปลงไฟสูง โดยใช้ ไตรแอด

2.10.1.2.1 การตัดต่อทางคาบเวลาด้าน PRIMARY ของหม้อแปลงไฟสูง

จากรูปที่ 2.17,2.18 จะเห็นว่า มีการควบคุมการจ่ายไฟ ที่จะป้อนไปเลี้ยงให้หม้อแปลงไฟสูงทางด้าน PRIMARY โดยสั่งผ่านรีเลย์ (RELAY) หรืออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์แบบอื่นเช่น ไตรแอด (TRIAC) ทำการตัดต่อไฟเลี้ยงเป็นระยะๆ ตามคาบเวลาที่สั่งจากวงจรควบคุม (CONTROL CIRCUIT) เช่น ถ้าต้องการให้พลังงานออกมามากที่สุด เมื่อคาบเวลาเป็นบวก จะสั่งให้ตัวรีเลย์ (RELAY) ต่อไฟเข้าวงจร

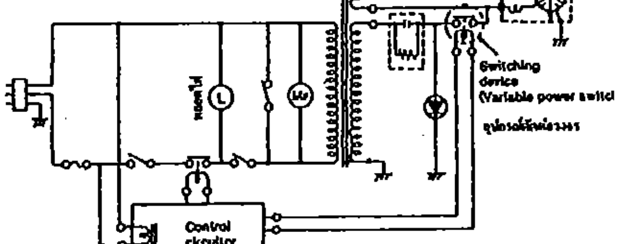
เลี้ยงหม้อแปลงไฟสูง ทำให้แม็กนีตรอนสามารถสร้างคลื่นไมโครเวฟออกมาได้ ปกติในคาบเวลาลูกหนึ่งจะต้องมีทั้งบวกและลบในเวลา 22 วินาที (บางยี่ห้อ 30 วินาที) วงจรควบคุมจะสั่งให้คาบเวลาเป็นบวกตลอด ผลคือ ตัวรีเลย์จะจ่ายไฟเลี้ยงหม้อแปลงไฟสูงตลอดเวลาไม่ตัดเลย ตามเวลาที่ตั้งไว้ ดังนั้นผลที่ได้จึงได้พลังงานสูงสุด

ในทางกลับกัน ถ้าต้องการกำลังงานน้อยที่สุดเพื่ออุ่นอาหาร (WARM) วงจรควบคุมจะสั่งตามเวลาให้เป็นบวกน้อยที่สุดดังรูปที่ 18 จะมีช่วงบวกเพียง 2 วินาทีเท่านั้น นอกนั้นเป็นช่วงลบทั้งหมด สรุปก็คือในช่วงคาบเวลาลูกหนึ่ง 22 วินาที แม็กนีตรอนจะทำงานเพียง 2 วินาทีในคาบเวลาต่อไป จะเป็นอย่างนี้ไปตลอด จนครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อแม็กนีตรอนทำงานน้อย หยุดนานขึ้นทำให้พลังงานหรือกำลังงานที่ได้ออกมาโดยรวมจะน้อยลงด้วย

การตัดต่อคาบเวลาทางด้าน PRIMARY นี้ นิยมใช้ทั่วไปในปัจจุบัน เนื่องจากใช้อุปกรณ์ในการตัดต่อ ที่มีความเป็นฉนวนกับอุปกรณ์ใกล้เคียงไม่ต้องมากนัก เช่นใช้รีเลย์ธรรมดา เป็นทางผ่านของไฟไปเลี้ยงวงจรหม้อแปลงไฟสูงได้ โดยมิเกิดผลกระทบกับอุปกรณ์ข้างเคียง แต่วิธีการตัดต่อทางด้าน PRIMARY ก็มีข้อเสียอยู่ การตัดต่อบ่อยๆทางด้าน PRIMARY ส่งผลให้เกิด TRANSIENT และ HIGHER STRESS ของอุปกรณ์ทางด้าน SECONDARY ให้ทำงานตาม ทำให้อุปกรณ์ทางด้าน SECONDARY มีอายุการทำงานสั้นลง ตัวอย่างที่ได้ง่าย คือการปิดเปิดหลอดไฟที่เป็นไส้ (INCANDESCENT) บ่อยๆ หลอดไฟจะขาดเร็วขึ้น ผลอันนี้ก็เหมือนกับอุปกรณ์ทางด้าน SECONDARY ของหม้อแปลงไฟสูง อันมี แม็กนีตรอน ไดโอดไฟสูง คอนเดนเซอร์ไฟสูง อายุการใช้งานจะสั้นลง

2.10.1.2.2 การตัดต่อคาบเวลาทางด้าน SECONDARY ของหม้อแปลงไฟสูง

หลักการทำงานก็ยังคงเหมือนกับการตัดต่อทางด้าน PRIMARY แต่แทนที่จะตัดต่อทางด้าน PRIMARY ของหม้อแปลงไฟสูง กลับไปตัดต่อที่ไฟสูงก่อนเข้าแม็กนีตรอนเลย ซึ่งวิธีการแบบนี้จะช่วยยืดอายุของอุปกรณ์ทางด้าน SECONDARY ไม่เกิด TRANSIENT ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 รูปการตัดต่อเวลาการกำเนิดคลื่นของแม็กนิตรอนทางด้านวงจรSecondnary ของหม้อแปลงไฟสูง

วิธีนี้แม้จะมีข้อดีแต่ก็มีข้อเสีย คือต้องใช้อุปกรณ์การตัดต่อที่มีความเป็นฉนวนต่อแรงดันไฟสูงขนาดประมาณ 4,000 โวลท์ได้ มิเช่นนั้นแรงดันไฟสูงจะกระโดดข้ามไปทำลายหรือทำอันตรายกับอุปกรณ์ใกล้เคียงได้ ทำให้เครื่องมีราคาแพงขึ้น[4]

2.11 การวัดกำลังงานออกของแม็กนีตรอน(MEASUREMENT OF MAGNETRON'S OUTPUT POWER)

ในมาตรฐานสากล ได้มีการกำหนดการวัดกำลังออกของแม็กนีตรอนไว้ในอันดับที่ IEC 705 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION) ภายในจะกล่าวถึงวิธีการและเงื่อนไขของการทดสอบไว้ทั้งหมด ซึ่งจะต้องกระทำภายในห้องทดลองที่สามารถควบคุมตัวแปรต่างๆได้ตามมาตรฐานที่กำหนดเท่านั้น เช่น น้ำที่จะนำมาทดสอบต้องเป็นน้ำกลั่นที่บริสุทธิ์ ปราศจากสารละลายชนิดอื่นผสมอยู่ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำต้องได้รับการควบคุม มีนาฬิกาจับเวลาที่ผิดพลาดน้อยๆ มีเทอร์โมมิเตอร์ที่ผิดพลาดน้อยเช่นกัน แม้กระทั่งวัสดุที่ใส่น้ำต้องควบคุมให้ได้ตามขนาด และแบบที่กำหนด ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นหน้าที่ของทางโรงงานผู้ผลิตเป็นผู้จัดทำทั้งสิ้นแต่มีวิธีการดำเนินการทดสอบคร่าวๆ เพื่อที่จะหาค่ากำลังงานที่ถูกปล่อยออกมาจากแม็กนีตรอนได้ดังนี้

2.11.1 เครื่องมือที่ต้องการใช้

1. ขวดโหลทนความร้อน หรือชามแก้วปากกว้างที่ทนความร้อนที่สามารถบรรจุน้ำได้ 1 ลิตร

2. เทอร์โมมิเตอร์ (THERMOMETER) ที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ 100 องศาเซลเซียส (^{o}C)

นาฬิกาจับเวลา

2.11.2 ข้อสังเกต

- ควรตรวจสอบแรงดันไฟที่จะเลี้ยงเตาไมโครเวฟให้เป็นไปตามที่กำหนด เช่น ในบ้านเราใช้ไฟ 220 V เราก็ควรจะเช็คได้ว่า แรงดันมี 220 V มิเช่นนั้นผลการตรวจสอบจะได้ต่ำกว่าความเป็นจริงอันเนื่องมาจากแรงดันไฟต่ำกว่า 220 V

- น้ำที่จะใช้ในการตรวจสอบ ควรมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ไม่ควรจะใช้น้ำที่ไขจากก๊อกประปาออกมาใหม่ๆ จะทำให้อุณหภูมิผิดไป

- ควรดำเนินการตรวจสอบอย่างน้อยที่สุด 2 ครั้ง เพื่อความแน่นอนของผลการวัด

2.11.3 วิธีการทดสอบ

1. เทน้ำ 1 ลิตร (อาจใช้ขวดน้ำอัดลมขนาด 1 ลิตร เป็นตัวตวงวัดได้คร่าวๆ) ลงในชามแก้วที่เตรียมไว้

2. ใช้เทอร์โมมิเตอร์ กวนน้ำในชามประมาณ 1 นาที อ่านค่าอุณหภูมิแล้วจดไว้เป็นค่า T1

3. นำชามที่มีน้ำไปวางไว้ตรงกลางของถาดหมุนในตู้ ตั้งระดับกำลังงานไว้สูงสุด ตั้งเวลาไว้ประมาณ 2 นาที (ความจริงเราใช้แค่ 60 วินาที บวกกับเวลาจุดไส้หลอดแม็กนีตรอนอีก 2 วินาที รวมเป็น 62 วินาที) สั่งเครื่องให้ทำงาน พร้อมกับจับเวลาไว้ 62 วินาที แล้วหยุดการทำงานของเครื่องทันที

4. นำชามน้ำ 1 ลิตร ซึ่งร้อนแล้วออกมาข้างนอก ใช้เทอร์โมมิเตอร์กวนประมาณ 1 นาที อ่านอุณหภูมิแล้วบันทึกไว้เป็นค่า T2

5. นำค่า T2 – T1 เป็นค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปคือ ΔT ไปแทนค่าในสูตร

$$P(W) = 4.187 x V x \Delta T / t$$

เมื่อ P = กำลังที่ออกมามีหน่วยเป็น วัตต์ (WATT)

4.187 = เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของน้ำ

V = เป็นปริมาตรของน้ำในที่นี้คือ 1 ลิตร

ΔT = เป็นค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

t = เวลาในการให้ความร้อน ในที่นี้คือ 60 วินาที (2 วินาทีในการอุ่นไส้หลอดไม่นำมาคำนวณ)แทนค่าต่างๆลงไป จะได้

$$P = 69.78 x \Delta T$$

หรือใช้ $P = 70 x \Delta T$ ได้เลย

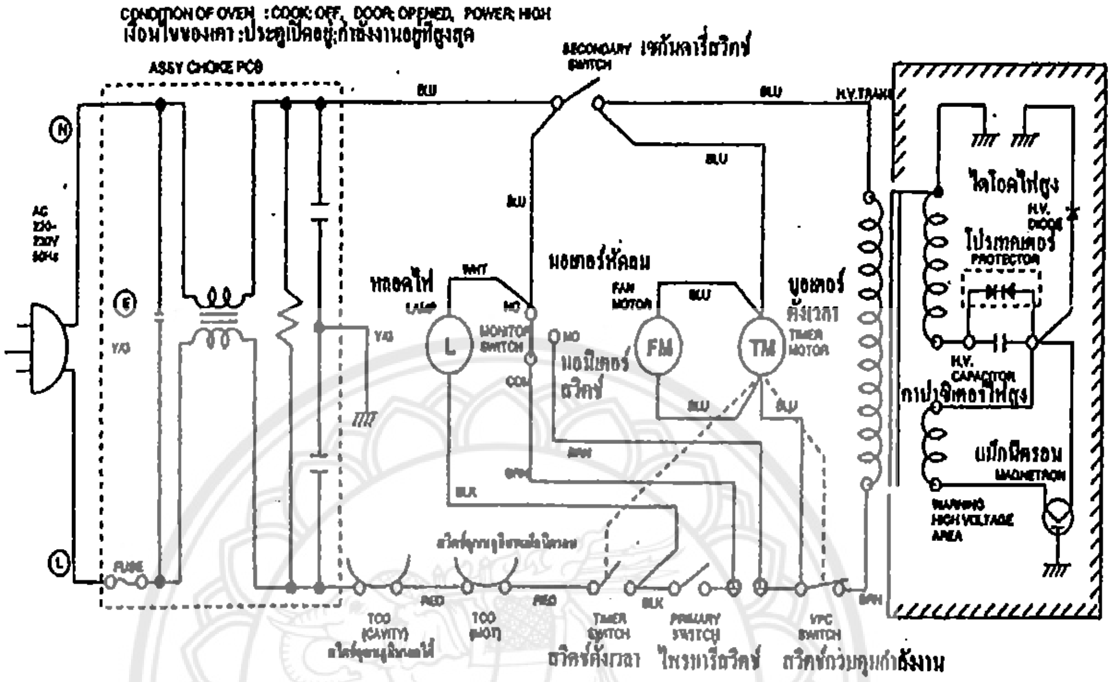
สามารถนำค่าที่เราทดสอบได้ไปเปรียบกับค่าสเปคที่โรงงานแจ้งไว้ในแต่ละรุ่น จะทำให้สามารถทราบได้ว่าเตาไมโครเวฟที่ทำการทดสอบ มีกำลังงานเท่าเดิมหรือกำลังงานตกไปซึ่งค่าปกติที่ได้จากการทดสอบของเราจะมีค่า ± 15% ของอัตรากำลังงานที่ทางโรงงานแจ้งไว้

ถ้าหากไม่ต้องการวัดให้ละเอียด สามารถตรวจสอบกำลังงานที่ใช้ได้ของเตาไมโครเวฟด้วยวิธีง่ายๆ คือ ใช้น้ำเพียงแก้วเดียวใส่เข้าไปในตู้ โดยวางตรงกลางบนถาดหมุน แล้วตั้งกำลังงานสูงสุด และตั้งเวลาไว้ 2 – 3 นาที เมื่อเอาแก้วน้ำออกมาแล้วน้ำจะต้องร้อนขึ้นมาก จนสังเกตได้ว่ามีไอน้ำลอยอยู่บนผิวน้ำ ให้สันนิษฐานว่าเตาไมโครเวฟนี้มีกำลังงานออกมาปกติ[4]

2.12 วงจรพื้นฐานของเตาไมโครเวฟ (FUNDAMENTAL CIRCUIT OF MICROWAVE OVEN)

วงจรพื้นฐานของเตาไมโครเวฟทุกยี่ห้อจะเหมือนกันหมด อันเนื่องมาจากทุกยี่ห้อมีอุปกรณ์พื้นฐานในการสร้างคลื่นไมโครเวฟเหมือนกัน จะแตกต่างกันไปบ้างในส่วนละเอียดของการควบคุมการทำงาน เช่นบางเครื่อง อาจจะมีเฉพาะตัวตั้งเวลาอย่างเดียวไม่มีตัวตั้งกำลังงาน บางเครื่องมีตัวตั้งเวลา

และตัวตั้งกำลังงานด้วย บางเครื่องสั่งงานด้วยตัวเลขเป็นดิจิตอล แต่บางเครื่องเป็นปุ่มหมุนธรรมดาเป็นต้น



รูปที่ 2.20 รูปวงจรพื้นฐานของเตาไมโครเวฟ

จากวงจรพื้นฐานในหลายๆยี่ห้อ พบว่ามีอุปกรณ์ส่วนต่างๆคล้ายๆกัน ผิดกันเฉพาะส่วนควบคุมเท่านั้น เพื่อความง่ายในการเข้าใจการทำงาน เราจะพิจารณาวงจรเตาไมโครเวฟยี่ห้อหนึ่ง ซึ่งใช้การควบคุมโดยใช้ลูกบิด ดังรูปที่ 20

จากรูปที่ 20 ไฟ 220 V จะผ่านวงจรป้องกันและกรองสัญญาณรบกวน (ASSY CHOKE PCB) ซึ่งฟิวส์ก็อยู่ในแผ่นวงจรแผ่นนี้ ด้านขั้ว N (NEUTRAL) ส่งไฟไปรอที่ขาข้างหนึ่งของ SECONDARY SWITCH ซึ่งต่อขนานกับขา NC (NORMAL CLOSE) ของมอนิเตอร์สวิตช์ และส่งไฟไปรอที่ขา L (LAMP) ซึ่งใช้ส่องสว่างภายในตู้ ส่วนไฟ 220 V อีกเส้นทางขา L (LINE) จะไปผ่าน TCO (THERMAL CUT OUT) 2 ตัว ซึ่งเป็นตัวสวิตช์เช็คอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้ตรวจสอบอุณหภูมิ 2 ตำแหน่ง คือตำแหน่งที่ตู้ (CAVITY) และที่ตัวแม็กนีตรอน (MGT) เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ตัวสวิตช์จะตัดไฟไม่ให้ผ่านตัวมัน มีไว้เพื่อป้องกันตัวแม็กนีตรอนไม่ให้ทำงานเกินกำลัง ซึ่งจะทำให้อายุสั้นลง ไฟที่ขา L จะส่งไปรอที่ขาข้างหนึ่งของ TIMER SWITCH ในรูปแสดงตำแหน่งของสวิตช์ขณะที่ ประตูของเตาปิดอยู่ เมื่อเรานำอาหารเข้าไปและปิดประตู สวิตช์ 2 ตัวคือ SECONDARY SWITCH และ PRIMARY SWITCH จะต่อในขณะเดียวกับที่ MONITOR SWITCH ขา COM (COMMON) และขา NO (NORMAL OPEN) จะต่อกัน

เมื่อเราบิดสวิตช์ตั้งเวลา (TIMER SWITCH) ไฟ 220 V จากขั้ว N จะวิ่งผ่าน SECONDARY SWITCH ไปถึง TIMER MOTOR ข้างหนึ่ง และไฟ 220 V จากขั้ว L จะวิ่งผ่าน TCO 2 ตัว ผ่าน TIMER SWITCH ผ่าน PRIMARY SWITCH ส่งไปเลี้ยงที่ขั้วของ TIMER MOTOR อีกข้างหนึ่ง ทำให้ขณะนี้หลอดไฟ L จะติด FM (FAN MOTOR) ซึ่งติดตั้งเพื่อระบายความร้อนให้แม็กนีตรอน จะหมุนพร้อมกับ TIMER MOTOR จะเริ่มเดินนับเวลาถอยหลัง เช่น ตั้งไว้ 5 นาที ลูกบิดตั้งเวลาจะหมุนย้อนกลับตามกลไกภายในชุดตั้งเวลา (TIMER) จนมาหยุดที่เลขศูนย์ พร้อมกับมีเสียงกระดิ่งดังขึ้น เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าเสร็จสิ้นการตั้งเวลาแล้ว เมื่อ TIMER MOTOR เริ่มเดินแล้ว จะส่งผลไปขับให้ชุดกลไก ซึ่งอยู่บนชุดเดียวกับชุดตั้งเวลา ทำให้สวิตช์ VPC (VARIABLE POWER CONTROL) มีหน้าที่ตั้งกำลังงานของการปล่อยคลื่นไมโครเวฟออกมามากน้อยตามลูกบิดตั้งกำลังงานที่เราตั้งไว้ สวิตช์จะต่อแรงดัน 220 V ไปให้หม้อแปลงไฟสูงที่ขด PRIMARY ทำให้ขด SECONDARY 2 ขด คือขดไฟสูงและขดไส้หลอด เกิดแรงดันตามที่กำหนด ส่งผลให้แม็กนีตรอนทำงานผลิตคลื่นไมโครเวฟออกมาได้

ขณะที่แม็กนีตรอนกำลังทำงาน ถ้าเราเปิดประตูตู้ออก ชุดสวิตช์ PRIMARY และ SECONDARY จะตัดไฟออกจากวงจร ทำให้ไม่มีไฟเลี้ยง FAN MOTOR ,TIMER MOTOR และหม้อแปลงไฟสูง ส่งผลให้พัดลมระบายความร้อนหยุดหมุน นาฬิกาหยุดเดินถอยหลัง ไม่มีไฟสูงออกไปเลี้ยงแม็กนีตรอน ทำให้ไม่มีคลื่นไมโครเวฟออกมา ยังคงมีอุปกรณ์ที่ทำงานอยู่อย่างเดียวคือ หลอดไฟส่องในตู้เท่านั้น แม้ว่านาฬิกาจะหยุดเดิน แต่อย่าลืมว่าลูกบิดของนาฬิกายังไม่ได้ชี้อยู่ที่ศูนย์ ฉะนั้นขณะนี้สวิตช์ตั้งเวลาจะยังมีไฟเข้าอยู่

หากปิดประตูแล้ว ทั้ง PRIMARY และ SECONDARY SWITCH ไม่ยอมตัดไฟออกจากวงจร ตัว MONITOR SWITCH ที่ขา COM จะต่อเข้ากับขา NC เปรียบเสมือนการจับไฟ 220 V 2 เส้นมาช็อตถึงกันทำให้ฟิวส์ที่ต่อไว้ขาดไม่มีไฟจ่ายเลี้ยงวงจรในที่สุด

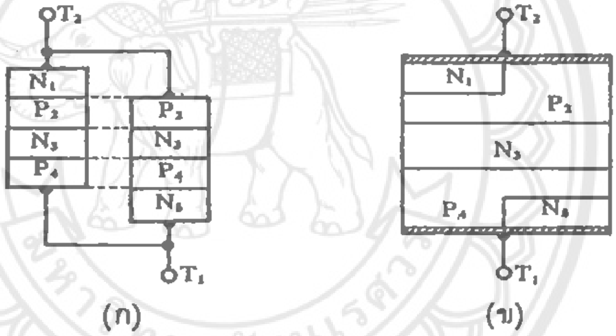
เมื่อเราปิดประตูเข้าคืน การทำงานของส่วนต่างๆก็จะเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง จนกว่านาฬิกาจะนับถอยหลัง จนลูกบิดหมุนไปชี้ที่ศูนย์ มีเสียงกระดิ่งดังดังขึ้น TIMER SWITCH จะตัดไฟออกจากวงจร ทำให้ทุกส่วนของวงจรหยุดหมด

ภายในเตาไมโครเวฟส่วนมากในปัจจุบัน มักจะมีมอเตอร์หมุนถาดสำหรับวางอาหาร (TURNTABLE MOTOR) ด้วย โดยต่อไฟของมอเตอร์ถาดหมุนขนานไว้กับ FAN MOTOR คือให้ทำงานพร้อมกัน

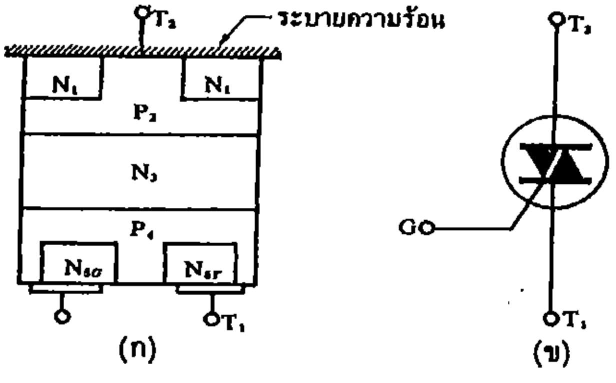
ในเตาไมโครเวฟที่ใช้การควบคุมแบบสัมผัส เป็นตัวเลขหรือระบบดิจิตอลนั้น สิ่งที่เปลี่ยนออกไปคือ ชุดตั้งเวลา และชุดปรับกำลังงาน จะถูกทดแทนด้วยชุดแผงวงจรอิเล็คทรอนิกส์ โดยควบคุมการตัดต่อสวิตช์ผ่านตัวรีเลย์ (RELAY) อีกทอดหนึ่ง ซึ่งยังคงเป็นสวิตช์ ณ ตำแหน่งเดิมนั่นเอง ผิดไปเพียงแต่อุปกรณ์ควบคุมเท่านั้น[4]

2.13 หลักการทำงานและลักษณะสมบัติของไตรแอก

ไตรแอกเป็นไธริสเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีสามขั้วสามารถให้กระแสผ่านได้ทั้งสองทิศทางซึ่งแตกต่างกับเอสซีอาร์ที่สามารถให้กระแสผ่านได้ทิศฟอร์เวิร์ดได้ทิศทางเดียว ดังนั้นเราจึงไม่สามารถเรียกขั้วสองขั้วของไตรแอกว่าขั้วใดเป็นแอโนด หรือว่าขั้วใดเป็นแคโทดแต่เรียกเป็นขั้ว T1 และ T2 แทน และขั้วที่สามนั้นเป็นขั้วเกต (G) ไตรแอกมีหลักการทำงานเหมือนกับเอสซีอาร์สองตัวต่อขนานกันแต่กลับขั้วกัน ซึ่งคล้ายกับเอาสิ่งประดิษฐ์สถานะของแข็งพีเอ็นพีเอ็นสองชิ้นมาต่อขนานกันแต่กลับขั้วกันดังแสดงในรูปที่ 2.21 (ก) ซึ่งจะเห็นว่ามีชั้นของสารกึ่งตัวนำแตกต่างกันห้าชั้น คือ N1P2N3P4N5 เมื่อนำมารวมกันเป็นโครงสร้างเดียวกันก็จะเขียนได้เป็นรูปที่ 2.21 (ข) เมื่อต่อขั้วเกตและดัดแปลงโครงสร้างภายในให้เป็นแบบลัดวงจรอีมิตเตอร์(shorted emitter structure) ดังแสดงในรูปที่ 2.22 (ก) เราจะได้ไตรแอกซึ่งมีสัญลักษณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.22 (ข) โดยทั่วๆไป เราใช้ขั้ว T1 ที่แสดงในรูปที่ 2.22 นี้ เป็นขั้วอ้างอิง เช่น เมื่อกล่าวว่า แรงดันที่ขั้ว T2 เป็นบวก จะมีความหมายว่า ขั้ว T2 มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า T1 เป็นต้น



รูปที่ 2.21 รูปโครงสร้างภายในของไตรแอก



รูปที่ 2.22 รูปสัญลักษณ์ของไตรแอก

การที่มีโครงสร้างแบบลัดวงจรอีมิตเตอร์ก็คล้ายกับใส่ความต้านทานเข้าขนานระหว่างเกตกับแคโทดเพื่อแบ่งกระแสรั่วที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและเนื่องจากประจุเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันคร่อมรอยต่อระหว่างเกตกับแคโทด วิธีการนี้อาจทำให้การป้อนกลับค่าบวกมีผลลดน้อยลงแต่กลับทำให้ไตรแอคทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูงและเมื่อมีแรงดันเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ไตรแอกมีข้อดีที่มีราคาถูกกว่าเอสซีอาร์ ไตรแอคตัวเดียวสามารถใช้แทนเอสซีอาร์สองตัวที่ต่อขนานกันแต่กลับขั้วกัน และแรงดันกลับทางที่สูงมากซึ่งทำให้เอสซีอาร์ชำรุดนั้นเมื่อนำมาป้อนเข้าไตร-แอกแล้วแรงดันนี้เพียงแต่ทำให้ไตรแอกนำกระแสได้เท่านั้น ข้อเสียของไตรแอกก็คือไม่สามารถใช้กับวงจรที่มีความถี่สูงได้[1]

2.14 วิธีการผลิตข้าวหมาก

ข้าวหมาก (Sweet fermented glutinous rice) เป็นอาหารหมักจากข้าวหรือข้าวเหนียว มีรสหวานและกลิ่นหอมเฉพาะตัว จึงจัดเป็นอาหารประเภทของหวาน ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวหมากเป็นเมล็ดข้าวนุ่ม เกาะกันเป็นก้อนสีขาวนวล มีน้ำซึมออกมาจากเมล็ดข้าว และอาจมีกลิ่นของแอลกอฮอล์ปนบ้างเล็กน้อย ข้าวหมากที่ดีควรมีรสหวานจัด ไม่มีรสเปรี้ยว ถ้าทิ้งข้าวหมากไว้หลายๆวันจะมีกลิ่นแอลกอฮอล์มากขึ้น

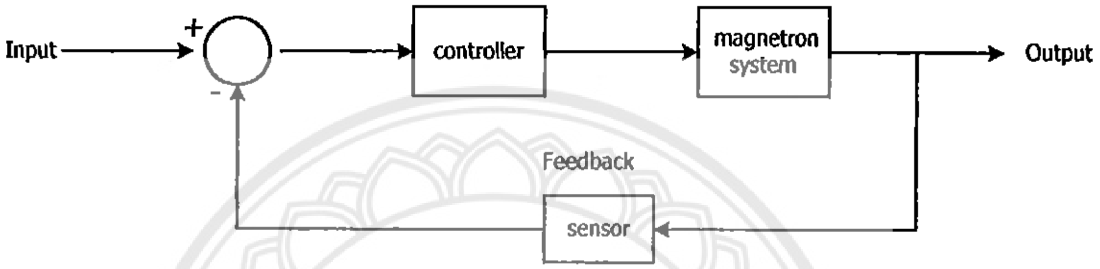
การทำข้าวหมากโดยทั่วไปจะใช้ลูกแป้งข้าวหมากมาผสมกับข้าวเหนียวที่นึ่งสุกแล้ว ข้าวที่ใช้ควรเป็นข้าวเหนียวคุณภาพดี มีเมล็ดข้าวหักปนน้อย การทำข้าวหมากเริ่มจากการนำข้าวเหนียวไปแช่ค้างคืนหรืออย่างน้อย 3 ชั่วโมง แล้วนำมานึ่งให้สุกพอควร ถ้านึ่งนานจะทำให้เมล็ดข้าวเกาะกันแน่นมาก เมื่อนำไปทำข้าวหมากจะได้ข้าวหมากที่เละไม่น่ารับประทาน นำข้าวที่นึ่งเย็นแล้วมาล้างด้วยน้ำฝนจนหมดยางข้าว หรือล้างด้วยน้ำปูนใส จะช่วยทำให้เมล็ดข้าวรัดตัว ร่อนและไม่เกาะกัน ปล่อยทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ เกลี่ยข้าวให้กระจายเท่าๆกัน แล้วโรยด้วยลูกแป้งข้าวหมากที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.2 – 0.8 % ของน้ำหนักข้าวดิบ คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วบรรจุอย่างหลวมๆลงในภาชนะที่สะอาดหรือห่อด้วยใบตอง เก็บไว้ที่เย็นประมาณ 2-3 วัน เมล็ดข้าวก็จะนุ่ม มีน้ำซึมออกมาเล็กน้อย นำมารับประทานได้ทันที

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การวางแผนการออกแบบ

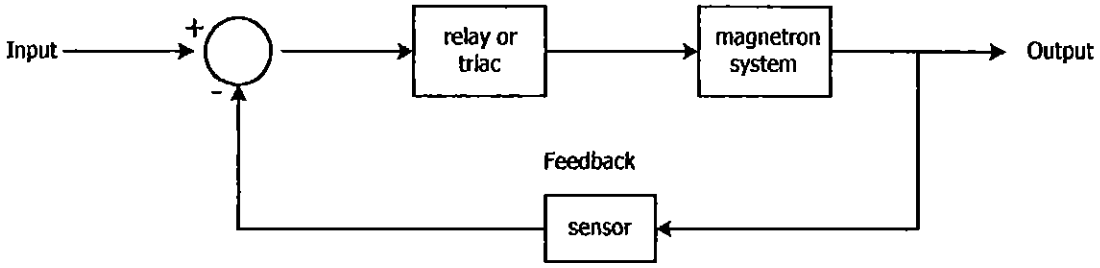
การออกแบบโครงงานนั้นเราได้วางแผนการออกแบบในตัว CONTROLLER เป็น 2 ส่วน คือ



รูปที่ 3.1 แสดงการควบคุมอุณหภูมิ

1. การนำเอาอุณหภูมิที่ได้จากวัตถุกลับมาเป็นตัวควบคุมการทำงานของแม็กนีตรอนโดยเมื่ออุณหภูมิของวัตถุสูงขึ้นวงจรควบคุมก็จะตัดการทำงานของแม็กนีตรอน แต่เมื่ออุณหภูมิของวัตถุต่ำลงวงจรควบคุมอุณหภูมิก็จะสั่งให้แม็กนีตรอนทำงานอีก เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ

2. การควบคุมอุณหภูมิโดยการจ่ายไฟให้แม็กนีตรอนเป็นลักษณะของพัลส์โดยใช้ รีเลย์ หรือไตรแอก เป็นสวิตซ์ตัดตอนไฟเลี้ยงเป็นระยะๆ คือ เมื่อเราต้องการอุณหภูมิที่สูงเราก็จะต้องให้พัลส์ที่จ่ายให้กับ รีเลย์ หรือไตรแอก ที่มีคาบเวลามาก ในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการอุณหภูมิที่ต่ำก็ต้องจ่ายพัลส์ที่มีคาบเวลาน้อยๆ เป็นต้น



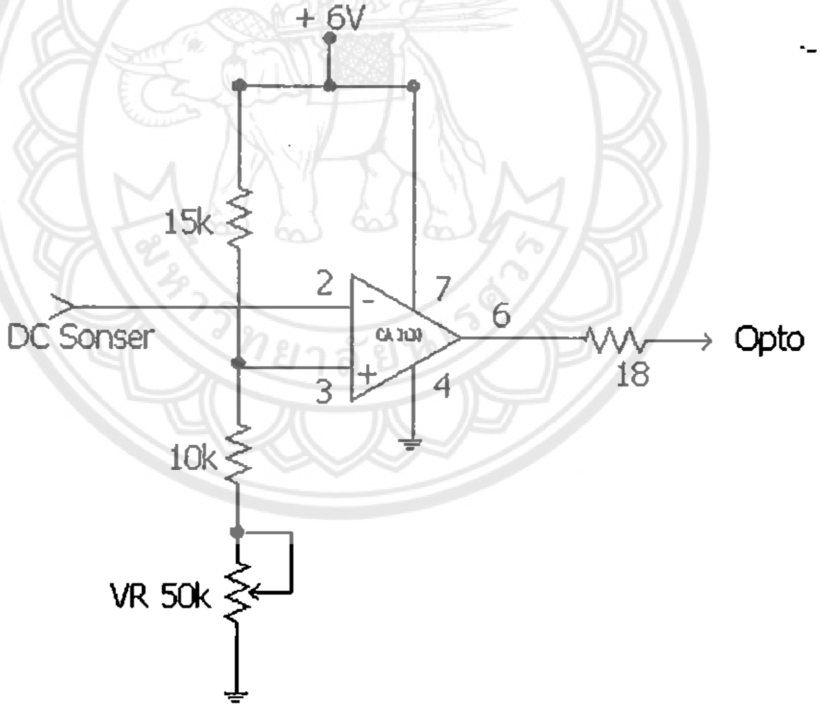
รูปที่ 3.2 การควบคุมอุณหภูมิโดยการจ่ายไฟให้แม็กนีตรอนเป็นลักษณะของพัลส์

| 4942218

ในโครงงานนี้เราใช้การควบคุมอุณหภูมิโดยการจ่ายไฟให้แม็กนีตรอนเป็นลักษณะของพัลส์ แต่เกิดปัญหาขึ้นคือเมื่อเรานำ sensor เข้าไปตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตาไมโครเวฟแล้ววงจรตรวจวัดอุณหภูมิเสียหายทั้งหมด จึงวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้ sensor ตรวจวัดอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายนอกแทน ซึ่งอุณหภูมิจากภายนอกนี้เราจะนำมาใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิงแทนการจับอุณหภูมิภายในเตาไมโครเวฟ ด้วยคุณสมบัติของ sensor ที่เราใช้ตรวจวัดอุณหภูมินั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนมีผลให้แรงดันในวงจรเปรียบเทียบแรงดันก็จะเปลี่ยนด้วยเราจึงนำวงจรเปรียบเทียบแรงดันมาใช้ในโครงงานควบคู่กับการควบคุมกำลังงานของคลื่นไมโครเวฟโดยการตัดต่อการกำเนิดความถี่ของแม็คนีตรอนตามคาบเวลาด้าน PRIMARY ของหม้อแปลงไฟสูง โดยสั่งผ่านไตรแอกทำการตัดต่อไฟเลี้ยงเป็นระยะๆตามคาบเวลาที่สั่งจากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ฟส.
พ 673ก
2545

3.2 การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



รูปที่ 3.3 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

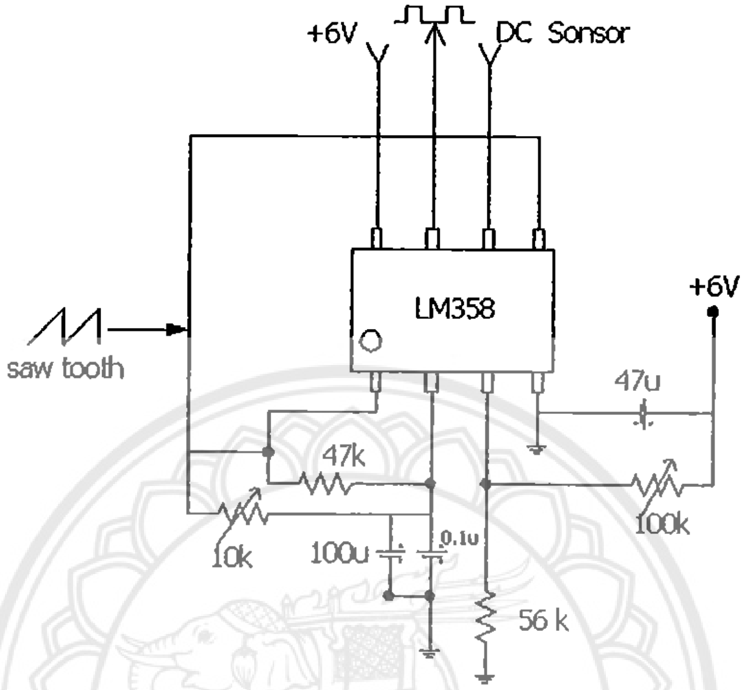
การทำงานจะเริ่มที่IC2 เบอร์ LM335 ซึ่งเป็นไอซีตรวจวัดอุณหภูมิด้วยตัวของมันเอง หรือเป็นตัว sensor ซึ่งมีลักษณะตัวถังเหมือนกับทรานซิสเตอร์แบบ TO-92 โดยเราจะใช้ด้านหน้าของตัวไอซีไปเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายนอก ในภาวะปกติหรืออุณหภูมิห้องคือ 25 องศาเซลเซียส sensor หรือ IC2 จะให้ระดับแรงดันไฟตรงออกมาที่ขาบวกประมาณ 2.98 โวลต์ โดยการปรับ

ที่ตัวต้านทานปรับค่าได้คือ VR1 ร่วมด้วย และถ้าหากอุณหภูมิที่ตรวจวัดเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส แรงดันก็จะเปลี่ยนไป 0.01 โวลต์ เช่นเดียวกัน การทำงานเริ่มแรกจะต้องตั้งค่าอุณหภูมิที่เราจะให้ไตรแอคตัดการทำานเสียก่อน โดยหลักการของวงจรแล้วเราต้องกำหนดให้แรงดันที่ขา 3 ของ IC1 มีค่ามากกว่าที่ขา 2 ของตัวมันเอง ซึ่งที่ขา 2 จะหมุนปรับค่า VR1 ให้ได้แรงดัน 2.98 โวลต์ หรือเป็นค่าแรงดันอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส ส่วนแรงดันจะเพิ่มมากกว่า 2.98 โวลต์กี่ขึ้นอยู่กับค่าของอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

วิธีการคำนวณก็คือทุกๆค่าอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส แรงดันจะเปลี่ยนแปลงไป 0.01 โวลต์ ดังนั้นถ้าสมมุติว่าเราจะให้ไตรแอคตัดการทำงานที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเราจะคำนวณได้ผลต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส(60-25 = 35 องศาเซลเซียส) และมีแรงดันที่เปลี่ยนไป 0.35 โวลต์ (35 * 0.01 = 0.35โวลต์) ดังนั้นจะได้แรงดันที่ขา 3 ของ IC1 เท่ากับ 3.33 โวลต์ (035+2.98)

การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันก็คือ ถ้าในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนดแรง-ดันที่ขาอินเวอร์ติ้ง(ขา 2 ของ IC1) จะต่ำกว่าที่ขานอนอินเวอร์ติ้ง (ขา 3 ของ IC1) ทำให้แรงดันที่เอาต์พุตของออปแอมป์ IC1 (ขา6) มีแรงดันเทียบเท่าแหล่งจ่ายไปกระตุ้นให้ไดโอดเปล่งแสงภายในไอซีออปโต้ไดแอคให้ทำงาน เป็นผลให้ไดแอคภายในทำงานด้วยเกิดแรงดันไปทริกที่ขาเกตของไตรแอกในวงจรเปรียบเทียบแรงดันให้นำกระแสเสมือนว่าเป็นสวิตซ์ปิดวงจรเป็นผลทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ทำงานสร้างพัลส์เพื่อไปทำการเปิด-ปิดการทำงานตามคาบเวลาของเตาไมโครเวฟเพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในเตาไมโครเวฟไม่เกินค่าอุณหภูมิอ้างอิง เมื่อความร้อนจากแหล่งจ่ายความร้อนภายนอกเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เป็นผลให้แรงดันที่ขาอินเวอร์ติ้งสูงขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน จนกระทั่งแรงดันที่ขาอินเวอร์ติ้งสูงเท่ากับหรือสูงมากกว่าแรงดันที่ขานอนอินเวอร์ติ้งทำให้อาต์พุตของออปแอมป์มีแรงดันเทียบเท่ากราวด์ จึงไม่เกิดแรงดันไปกระตุ้น เป็นผลให้ไตรแอกในวงจรเปรียบเทียบแรงดันหยุดการทำงานเปรียบเสมือนสวิตซ์เปิดวงจรและทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์หยุดการทำงานไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ไปกระตุ้นการทำงานของเตาไมโครเวฟ อุณหภูมิภายในเตาจึงไม่สามารถที่จะเพิ่มขึ้นไปมากกว่าอุณหภูมิที่เรากำหนดไว้[2]

3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ [3]



รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. กำหนดค่าที่ขา 3 ของไอซีเบอร์ CA 3130 เพื่อกำหนดอุณหภูมิอ้างอิงซึ่งมีค่าแรงดันตามตารางต่อไปนี้

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	แรงดัน
1. 40	3.13
2. 50	3.23
3. 60	3.33
4. 70	3.43

2. วัดค่าอุณหภูมิของน้ำจากกระทะไฟฟ้าซึ่งเราใช้เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนอ้างอิง

3. บันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้ทุกๆ 1 นาที

4. ใช้สโคปจับและบันทึกสัญญาณที่ได้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิตามตารางในข้อ 1

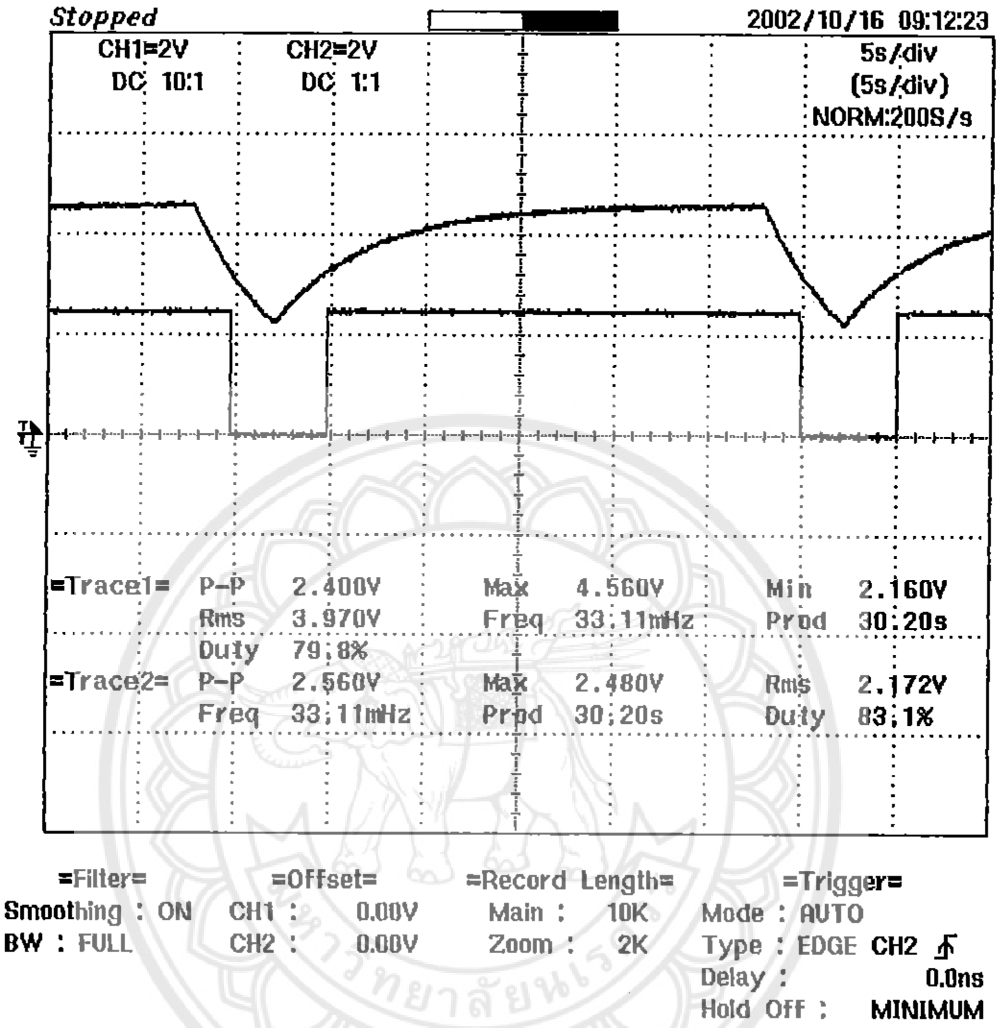
4.2 ผลการทดลอง

1. ตั้งค่าที่ 40 องศาเซลเซียส ได้ค่าตามตาราง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
0	29	16	43
1	31	17	43
2	31	18	43
3	34	19	43
4	37	20	42
5	39	21	42
6	40	22	42
7	41	23	41
8	41	24	41
9	42	25	41
10	42	26	40
11	42	27	40
12	42	28	40
13	42	29	40
14	42	30	40
15	42		

ที่ Vref = 3.13 V

มหาวิทยาลัยนเรศวร

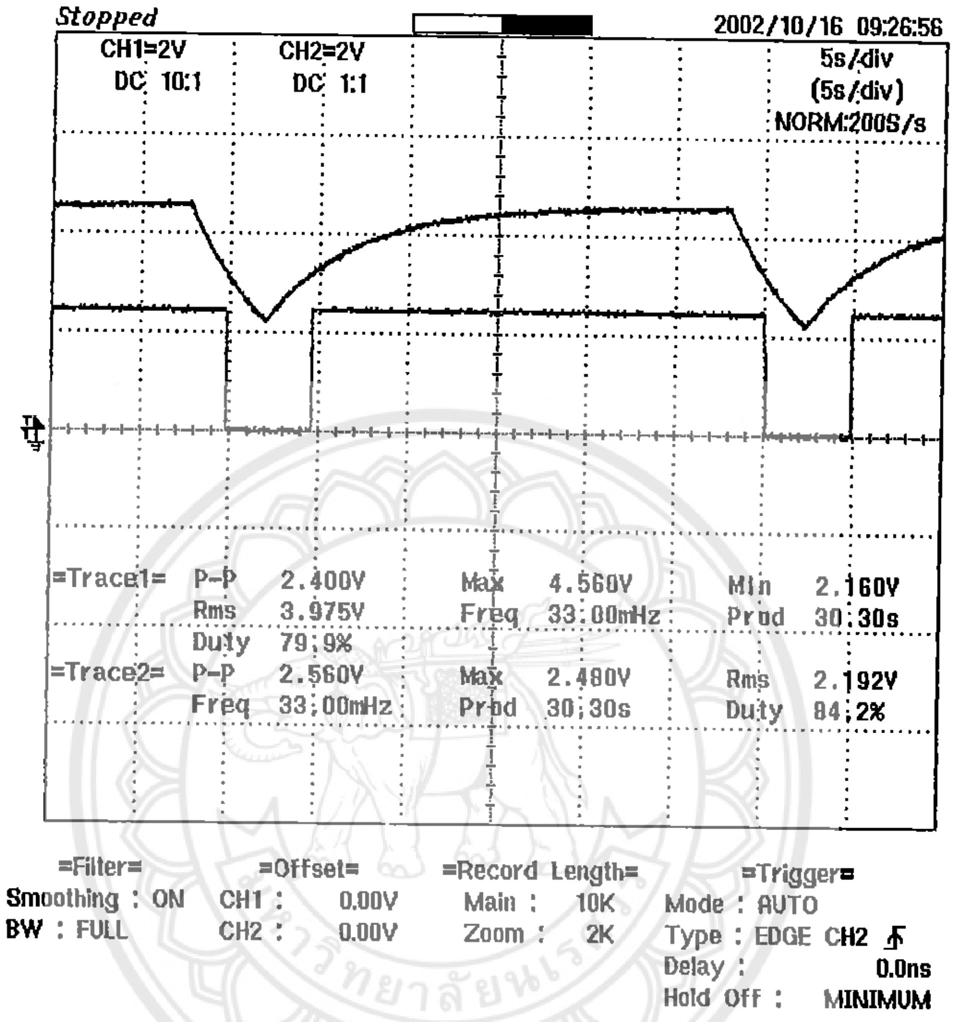


รูปที่ 4.1 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 40องศาเซลเซียส

2. ตั้งค่าที่ 50 องศาเซลเซียส ได้ค่าตามตาราง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
0	29	16	53
1	31	17	53
2	34	18	53
3	38	19	54
4	43	20	54
5	47	21	53
6	50	22	53
7	51	23	52
8	51	24	52
9	52	25	51
10	52	26	51
11	52	27	50
12	51	28	50
13	52	29	50
14	52	30	50
15	52		

ที่ Vref = 3.23 V



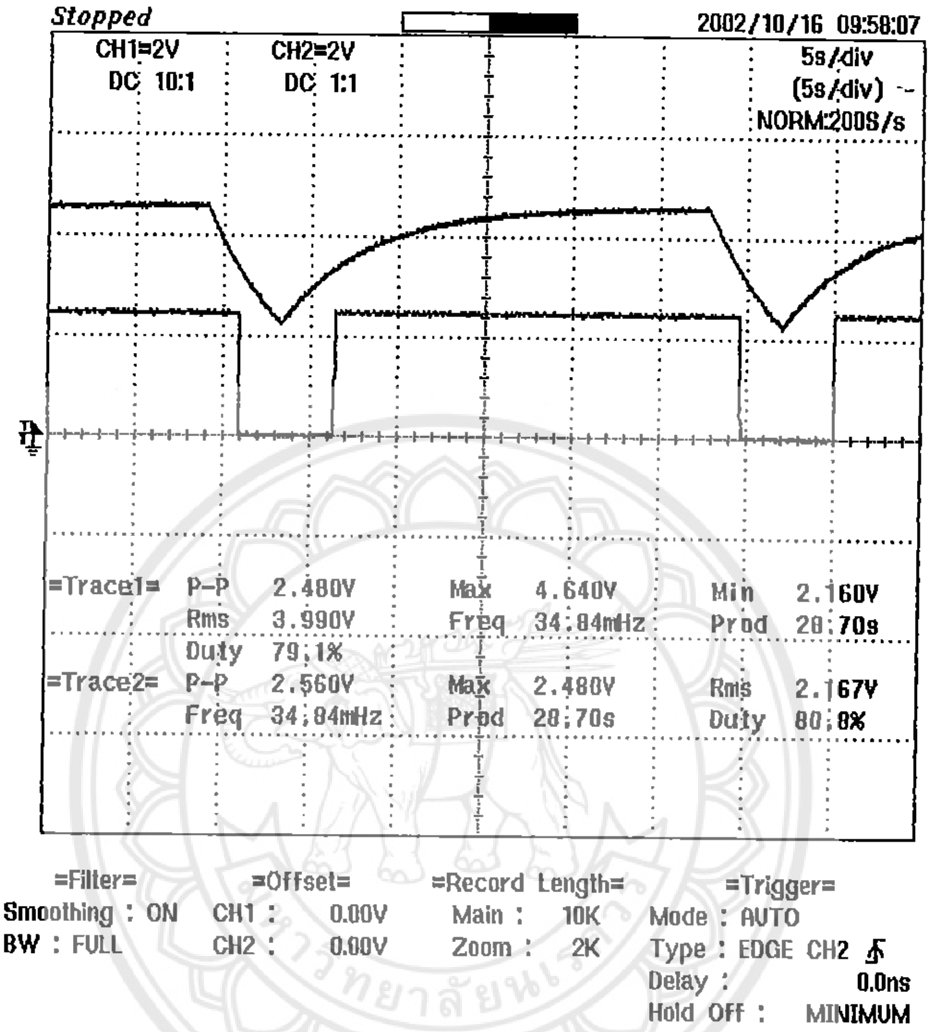
รูปที่ 4.2 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 50 องศาเซลเซียส

3. ตั้งค่าที่ 60 องศาเซลเซียส ได้ค่าตามตาราง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
0	30	16	64
1	31	17	64
2	32	18	63
3	36	19	63
4	41	20	63
5	46	21	62
6	52	22	62
7	58	23	61
8	62	24	61
9	64	25	61
10	65	26	60
11	65	27	60
12	65	28	60
13	64	29	60
14	64	30	60
15	65		

ที่Vref 3.33 V

มหาวิทยาลัยนเรศวร



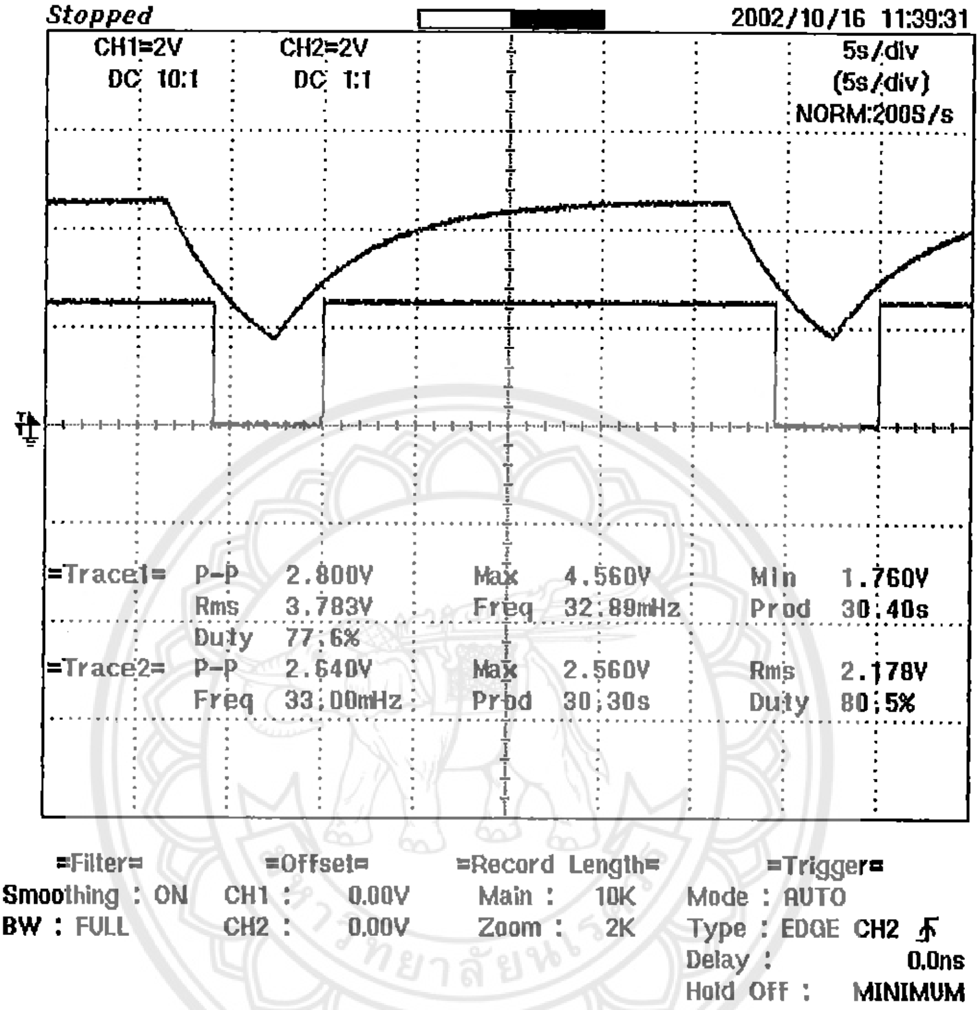
รูปที่ 4.3 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 60 องศาเซลเซียส

4. ตั้งค่าที่ 70 องศาเซลเซียส ได้ค่าตามตาราง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
0	28	16	70
1	29	17	68
2	31	18	68
3	25	19	69
4	40	20	70
5	45	21	70
6	51	22	70
7	55	23	70
8	60	24	69
9	65	25	70
10	69	26	70
11	72	27	70
12	73	28	69
13	73	29	70
14	73	30	70
15	72		

ที่ Vref = 3.43 V

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 4.4 ความกว้างพัลส์เมื่ออุณหภูมิคงที่ ที่ 70 องศาเซลเซียส

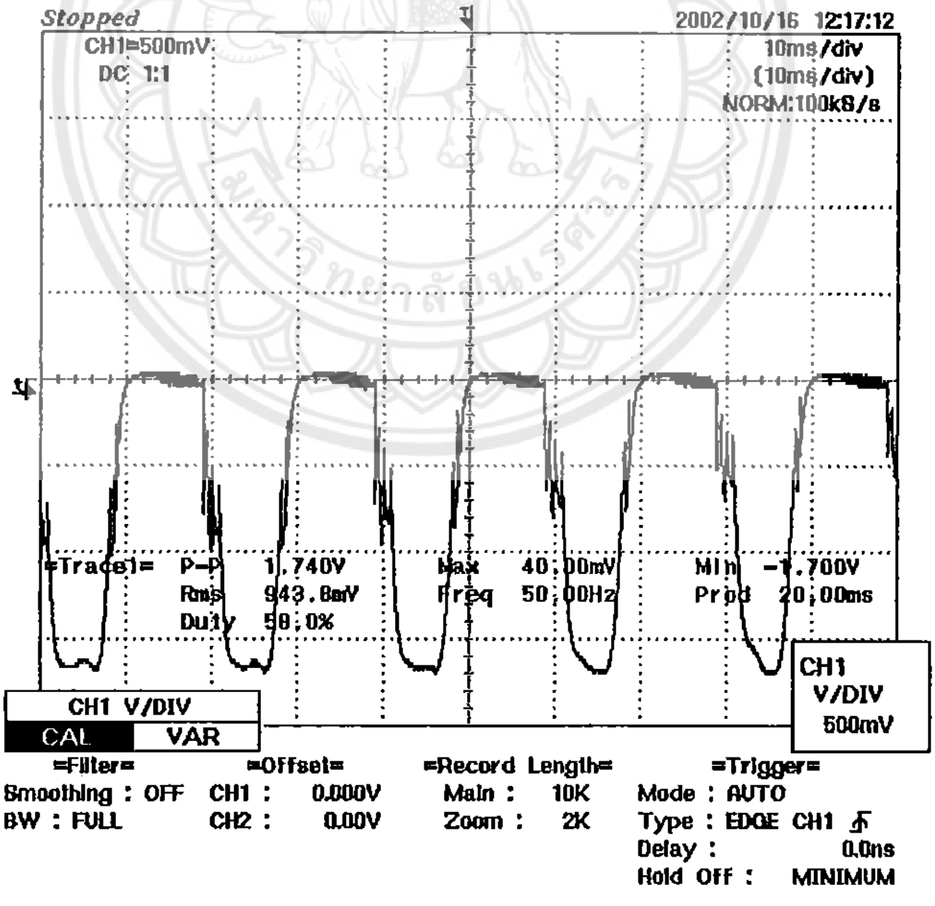
บทที่ 5
สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

สำหรับโครงงานเตาไมโครเวฟปรับอุณหภูมิที่ได้จัดทำขึ้นนั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยใช้วิธีการควบคุมคาบเวลาการทำงานของหม้อแปลงไฟสูงด้าน PRIMARY ของเตาไมโครเวฟ อุณหภูมิของน้ำภายในเตาจะเท่ากับอุณหภูมิอ้างอิงจากภายนอก

5.2 ปัญหาที่พบ

ไม่สามารถนำ Sensor เข้าไปตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตาไมโครเวฟได้ เพราะจะทำให้วงจรวัดอุณหภูมิเสียหายทั้งหมด เนื่องจากมีแรงดันและคลื่นความถี่ย้อนกลับเข้ามาตามตัว Sensor และเข้ามาในวงจร จึงทำให้วงจรเสียหายได้



รูปที่ 5.1 สัญญาณที่ผ่านเข้ามาทาง Sensor

5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

ใช้ Sensor ตรวจวัดอุณหภูมิอ้างอิงจากภายนอกแล้วนำค่าที่ได้ไปควบคุมคาบเวลาการทำงานของเตาไมโครเวฟอีกทีหนึ่งตามวิธีการทดลองในบทที่ 3

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงงานเตาไมโครเวฟปรับอุณหภูมินี้ ยังทำงานได้ไม่สมบูรณ์แบบ ยังต้องมีการพัฒนาอีกมาก คือการหาวิธีที่จะนำ Sensor เข้าไปตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตาไมโครเวฟได้โดยตรง เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิที่เที่ยงตรงไม่ต้องมีการนำอุณหภูมิอ้างอิงจากภายนอกมาเกี่ยวข้องกับการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] พลผดุง ผดุงกุล . "ไตรแอก และเอสซีอาร์". รวมบทความและทฤษฎีการประยุกต์ ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ . พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , 2541.

[2] พลผดุง ผดุงกุล . "มาเรียนรู้ออปแอมป์อย่างละเอียดกันเถอะ". รวมบทความและทฤษฎีการประยุกต์ ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ . พิมพ์ครั้งที่1 . กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , 2541.

[3] พิษณุ วิทยศิลป์ และคณะ ."สู่โลกอิเล็กทรอนิกส์" . พิมพ์ครั้งที่1 . กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , 2535.

[4] สุรพล สุธีระเวชช์ ."เข้าใจและซ่อมไมโครเวฟ" . พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพมหานคร : อาร์ตเจ็จ กราฟฟิค , เมษายน. 2542 .

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายพิทักษ์ แสนสุวรรณ

จบการศึกษา ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนอำเภอเมืองอุตรดิตถ์

ภูมิลำเนา 109/2 หมู่ 2 ตำบลร่วมจิต อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ 53190

E-mail : tompitak@hotmail.com

ชื่อ นางสาวสุภารัตน์ คำจีน

จบการศึกษา โรงเรียนน้ำปาดชนูปถัมภ์

ภูมิลำเนา 64/1 หมู่ 4 ตำบลแสนตอ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ 53110

E-mail : pimmy_01@lemononline.com

ชื่อ นางสาวอังคณา สิทธิเกษร

จบการศึกษา โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

ภูมิลำเนา 27/12 ถนนคลองคะเชนทร์ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000

E-mail : guitar_tar@l-cool.com

มหาวิทยาลัยนเรศวร